

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI
ANALİTİK KİMYA BİLİM DALI**

**POLİ(TAURİN) MODİFİYE ELEKTROTTA B
VİTAMİNLERİNİN ELEKTROKİMYASAL DAVRANIŞLARI
VE YAN YANA TAYİNİ**

İnci TURŞUCU

**Danışman
Doç. Dr. Süleyman KOÇAK**



Manisa 2019

İNCI
TURŞUCU

**POLİ(TAURİN) MODİFİYE ELEKTROTTA B VİTAMİNLERİNİN
ELEKTROKİMYASAL DAVRANIŞLARI VE YAN YANA TAYİNİ**

2019

=

TEZ ONAYI

İnci TURŞUCU tarafından hazırlanan "**Poli(Taurin) Modifiye Elektrotta B Vitaminlerinin Elektrokimyasal Davranışları ve Yanyana Tayini**" adlı tez çalışması 03/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Kimya Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Doç.Dr. Süleyman KOÇAK**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Levent PELİT**

Ege Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Nüket TİRTOM**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

İnci TURŞUCU



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	V
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLO DİZİNİ	X
TEŞEKKÜR.....	XI
ÖZET.....	XII
ABSTRACT	XIII
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGELER	3
2.1. B Vitaminleri.....	3
2.1.1 B1 Vitamini (Tiyamin).....	3
2.1.2 B2 Vitamini (Riboflavin)	4
2.1.3 B6 Vitamini (Pirodoksal)	5
2.1.4 B9 Vitamini (Folik Asit)	6
2.2. İletken polimerler	7
2.2.1 Taurin	9
2.3. Voltammetri	10
2.3.1 Voltammetride kullanılan ölçüm teknikleri	11
2.3.2 Döngüsel Voltammetri	12
2.3. Yüzey Modifikasyonu ve Karbon nanotüpler	13
2.4. Çeşitli modifiye yüzeylerde B vitaminlerinin elektrokimyasal analizleri	15
2.5. Taramalı elektron Mikroskop(SEM).....	17
2.6. Atomik Kuvvet Mikroskop (AFM).....	17
3. DENEYSEL BÖLÜM.....	19
3.1. Kullanılan Kimyasal Çözeltiler.....	19
3.2. Karbon Nanotüplerin Hazırlanması	19
3.3. Örnek analizi	19
3.4. Yöntem.....	20
3.5. Elektrot Yüzeyine Polimerleştirme ve Metal Nanoparçacık Modifikasyonu	20
3.5. Modifiye Elektrotların SEM-EDX ile karakterizasyonu.....	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	25
4.1. Taurin Derişimi	26
4.2. B vitaminlerin Farklı pH ortamlarındaki davranışları.....	26
4.2.1 B2 Vitamini Polimerleştirme ve Metal Nanoparçacık Modifikasyonu	26
4.2.2 B6 Vitamini Polimerleştirme ve Metal Nanoparçacık Modifikasyonu	29

4.2.3 B9 Vitaminin Poli(Taurin)/GC elektrotta farklı pH'deki davranışı.....	31
4.3. Poli(Taurin)/GC elektrotta ikili vitaminlerin davranışları	33
4.4. CNT/GC elektrotta vitaminlerin elektrokimyasal davranışları	37
4.5. poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta vitaminlerin elektrokimyasal davranışları	38
4.6. PtNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta vitaminlerin elektrokimyasal davranışları	39
4.7. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta vitaminlerin elektrokimyasal davranışları	41
4.9. Örnek analizi	51
5. SONUÇ VE YORUM.....	54
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	60



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- α Elektrot reaksiyonunun transfer katsayısı
- A** Elektrodun yüzey alanı, cm²
- C** Ana çözültideki depolarizer konsantrasyonu, (mol/cm³), (mol/L)
- D** Difüzyon katsayısı, cm²/s
- E** Uygulanan potansiyel, (V)
- E°** Standart potansiyel, (V)
- E_{1/2}** Yarı dalga potansiyeli, (SCP), (V)
- E_p** Pik potansiyeli, (V)
- E_{p/2}** Yarı pik potansiyeli, (V)
- E_p^a** Anodik pik potansiyeli, (V)
- E_p^k** Katodik pik potansiyeli, (V)
- F** Faraday sabiti, (C/eg)
- I_p** Akım yoğunluğu
- i_d** Difüzyon akımı, (A)
- i_p** Pik akımı, (A)
- i_p^a** Anodik pik akımı, (A), (μA)
- i_p^k** Katodik pik akımı, (A), (μA)
- m** Cıvanın akış hızı, g/s
- n** Aktarılan elektron sayısı, (eg/mol)
- Q** Devreden geçen yük miktarı, (C)
- R** İdeal gaz sabiti, (J/K mol)
- t** Damla ömrü, s
- v** Tarama hızı (V/s), (mV/s)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. B ₁ Vitamini kimyasal yapısı	3
Şekil 2.2. B ₆ Vitamini kimyasal yapısı	4
Şekil 2.3. B ₆ Vitamini kimyasal yapısı	6
Şekil 2.4. B ₉ Vitamini kimyasal yapısı.....	7
Şekil 2.5. Taurinin Kimyasal Yapısı.....	9
Şekil 2.6. Poly(taurin) elektropolimerizasyon eğrisi	9
Şekil 2.7. Voltammetrik hücre	11
Şekil 2.8. Taramalı voltammetri için potansiyel-zaman değişimi.	13
Şekil 2.9. Karbonun allotropları	14
Şekil 2.10. Karbon nanotüplerin grafen düzlemi kıvrılarak eldesi ve türleri; a) Grafen levha, zigzak, sandelye ve kiral tipi tek duvarlı b) çok duvarlı karbon nanotüpler ...	15
Şekil 2.11. AFM Çalışma prensibi blok diyagramı	18
Şekil 3.1. Yalın camımsı karbon elektrot yüzeyine 2,0 mM Taurin monomeri çözeltilisinden poli(taurin) elektrodun oluşturulması	21
Şekil 3.2. Döngüsel Voltammetri ile kaplamalar, a) Au'nun CNT/GCE üzerine, b) Au'nun poli(Taurin)/CNT/GCE üzerine, c) Pt'nin poli(Taurin)/CNT/GCE üzerine modifikasyonu.....	22
Şekil 3.3. SEM görüntüleri, a)Yalın GCE, b) Poli(taurin)/GCE, c) AuNP/poli(Taurin)/GCE, d) PtNP/poli(Taurin)/GCE.....	23
Şekil 3.4. EDX spekturum, a)AuNP /poli(Taurin)/GCE ve b) PtNP/poli(Taurin)/GCE	24
Şekil 3.5. AFM analizi a) poli(Taurin)/İTO, b) AuNP/poli(Taurin)/İTO, c) PtNP/poli(Taurin)/İTO.....	25
Şekil 4.1. Farklı derişimdeki 10 döngü Taurin monomerinden kaplanmış GCE yüzeydeki B ₂ vitaminin voltammogramı	26
Şekil 4.2. BR tamponu farklı pH'larda poli(Taurin)/GC elektrotta B ₂ vitamininin artan derişimdeki diferansiyel puls voltammogramları.....	28
Şekil 4.3. Poli(Taurin)/GC elektrotta B ₂ vitamininin, A) pik potansiyelinin, B) pik akımının pH ile değişim grafiği ve tablosu	29
Şekil 4.4. BR tamponu farklı pH'larda poli(Taurin)/GC elektrotta B ₆ vitamininin artan derişimdeki diferansiyel puls voltammogramları.....	30
Şekil 4.5. Poli(Taurin)/GC elektrotta B ₆ vitamininin, A) pik potansiyelinin, B) pik akımının pH ile değişim grafiği ve tablosu	31
Şekil 4.6. BR tamponu farklı pH'larda poli(Taurin)/GC elektrotta B ₉ vitamininin artan derişimdeki diferansiyel puls voltammogramları.....	32
Şekil 4.7. Poli(Taurin)/GC elektrotta B ₉ vitamininin, A) pik potansiyelinin, B) pik akımının pH ile değişim grafiği ve tablosu	33
Şekil 4.8. Poli(Taurin)/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda B ₂ sabit B ₁ artan derişimdeki vitamininin kare dalga voltammogramı	34
Şekil 4.9. Poli(Taurin)/GC elektrotta pH 8 BR tamponunda B ₁ sabit B ₉ artan derişimdeki vitamininin kare dalga voltammogramı	35
Şekil 4.11. Poli(Taurin)/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda B ₆ sabit B ₉ artan derişimdeki vitamininin kare dalga voltammogramı	36
Şekil 4.12. Poli(Taurin)/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda B ₉ sabit B ₆ artan derişimdeki vitamininin kare dalga voltammogramı	36

Şekil 4.13. CNT/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda tek tek B1, B6, B9 vitaminlerin diferansiyel puls voltamogramları	37
Şekil 4.14. Poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda tek tek B1, B2, B6, B9 vitaminlerin voltamogramları	38
Şekil 4.15. PtNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda tek tek B1, B2, B6, B9 vitaminlerin kare dalga voltamogramları	40
Şekil 4.16. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda sabit B2 ve artan B9 vitaminlerin kare dalga voltamogramları	42
Şekil 4.17. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda farklı döngü sayısındaki ikili vitaminlerin B1 ve B2 sırasına göre kare dalga voltamogramları	43
Şekil 4.19. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta farklı döngü sayıda kaplanan poli(taurin) için pH 6 BR tamponunda sabit B2 de artan B9 vitamini kare dalga voltammogramı	45
Şekil 4.20. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta farklı döngü sayıda kaplanan poli(taurin) için pH 6 BR tamponunda ikili vitaminlerin B6 ve B9 sırasına göre kare dalga voltamogramları	46
Şekil 4.21. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 8 BR tamponunda artan B6 ve B9 vitamini kare dalga voltammogramları	47
Şekil 4.22. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 7 BR tamponunda artan B6 ve B9 vitamini kare dalga voltammogramları	48
Şekil 4.23. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 7 BR tamponunda B12 vitamini kalibrasyonu.....	49
Şekil 4.24. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 7 BR tamponunda B6 ve B9 sabit B12 artan kare dalga voltammogramları	50
Şekil 4.25. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda sabit B2 de B9 artan kare dalga voltammogramları.....	50
Şekil 4.26. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta Enerji içeceği örnek-1 analizi ve standart katma grafiği.....	51
Şekil 4.27. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta Enerji içeceği örnek-1 analizinin standart katma grafiği.....	52
Şekil 4.28. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta Enerji içeceği örnek-2 analizi ..	53

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo. 2.1. Çocuk ve yetişkinlerde yaşa bağlı olarak B2 düzeyleri	5
Tablo 2.2. Yaygın kullanılan bazı iletken polimerlerin iletkenlik değerleri ve yapıları.....	7
Tablo 2.3. Kontrollü Potansiyel Altında Çalışılan Yöntemlerin Özellikleri.....	12
Tablo.2.4. Çeşitli elektrokimyasal yöntemler kullanılarak B vitaminleri tayin çalışmaları	16
Tablo 4.1. Enerji içeceğindeki vitamin miktarının önerilen yöntem sonucu ile karşılaştırılması	53



TEŞEKKÜR

Bu konuyu yüksek lisans tezi olarak öneren ve yaklaşık üç yıl süre ile danışmanlığımı üstlenen ve bu süre içerisinde her konuda yardımcı olan, çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Süleyman KOÇAK'a teşekkür ederim.

Çalışmamı tamamlamam konusunda moral ve motivasyonumu üst düzeyde tutmama yardımcı olan, her zaman maddi ve manevi anlamda desteklerini esirgemeyen annem Sevgi TURŞUCU, babam Şevket TURŞUCU, eşim Mustafa ÖZÇINAR'a sabırları için şükranlarımı sunarım.

İnci TURŞUCU
Manisa, 2019

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Poli(Taurin) Modifiye Elektrotta B Vitaminlerinin Elektrokimyasal Davranışları ve Yan yana Tayini

İnci TURŞUCU

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Süleyman KOÇAK

Bu çalışmada, camımsı karbon elektrot veya çok duvarlı karbon nanotüp üzerine elektrokimyasal yolla poli(taurin) ve metal nanoparçacıklar modifiye edildi. Modifiye edilen bu yüzeylerde B vitaminleri (folik asit (B9), tiyamin (B1), riboflavin (B2), piridoksin (B6) ve siyonokobalamin (B12)) tekli veya yan yana elektrokimyasal davranışları incelendi. B vitaminlerinin elektrokimyasal davranışları döngüsel voltammetri (CV), diferansiyel puls voltammetri(DPV) ve kare dalga voltammetri (SWV) teknikleri kullanılarak 0,1 M Britton-Robinson (BR) tamponunda pH 2-12 aralığında çalışıldı.

B vitaminlerinin tekli ve yan yana tayini için çeşitli parametreler, tampon çözelti pH (2-12), taurin derişimi, taurin döngü sayısı, Au³⁺ derişimi, Au³⁺ döngü sayısı, Pt⁴⁺ derişimi, Pt⁴⁺ döngü sayısı, vb. optimize edilerek en uygun koşullar belirlendi. Poli(Taurin), karbon nanotüp ve metal nanoparçacık modifiye elektrot yüzeylerinde B vitaminlerin pik potansiyeli ve pik akımları yalın GC elektrotta göre karşılaştırıldı. Ayrıca modifiye elektrot yüzeyleri Atomik kuvvet mikroskop (AFM) ve Taramalı elektron mikroskop (SEM) ile karakterize edildi.

Çeşitli modifiye yüzeylerde yan yana B1-B6, B2-B9, B2-B6 ve B9-B2-B6 vitaminleri başarıyla tayin edildi. Oluşturulan modifiye elektrotta B vitaminlerinin yan yana tayinlerini test etmek amacıyla çeşitli enerji içecekleri örnekleri kare dalga voltammetri ile analizlendi.

Anahtar Kelimeler: poli(taurin), karbon nanotüp, Metal nanoparçacık, B vitaminlerin yan yana tayini.

2019, 73 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

Electrochemical Behavior of B Vitamins at the Poly(Taurine) Modified Electrode and Simultaneous Determinations

İnci TURŞUCU

Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Chemistry

Supervizör: Doç. Dr. Süleyman KOÇAK

In this study, electrochemically metal nanoparticle and poly (taurine) on multi-walled carbon nanotube or the glassy carbon electrode were modified. Single or simultaneous determination of B vitamins (folic acid (B9), thiamine (B1), riboflavin (B2), pyridoxine (B6) and cyanocobalamin (B12)) were investigated at the modified electrodes. The electrochemical behaviors of B vitamins were studied in the range of pH 2-12 in 0,1 M Britton-Robinson (BR) buffer using cyclic voltammetry (CV), differential pulse voltammetry (DPV), and stasis voltammetry (SWV) techniques.

Various parameters for single and simultaneous determination of B vitamins were determined by optimizing buffer solution pH (2-12), taurine concentration, taurine number of cycles, Au³⁺ concentration, Au³⁺ cycle number, Pt⁴⁺ concentration, Pt⁴⁺ cycle number, etc. The peak current and peak potentials of B vitamins at the Poly (Taurine), carbon nanotubes, and metal nanoparticle modified electrode surfaces were compared with bare GC electrodes. Also modified electrode surfaces were characterized by Atomic force microscope (AFM) and Scanning electron microscope (SEM).

Simultaneous determination of vitamins B1-B6, B2-B9, B2-B6 and B9-B2-B6 were applied successfully on several modified surfaces. In order to test the simultaneous determination of B vitamins in this modified electrode, samples of various energy drinks were analyzed with square wave voltammetry.

Key Words: poly(taurine), carbon nanotube, metal nanoparticle, simultaneous determination of B vitamins.

2019, 73 page

1.GİRİŞ

Vitaminler, küçük moleküllü organik bileşiklerle, diğer çeşitli kimyasal maddelerin teşkil ettiği bir gruptur. İlk olarak Polonyalı bilim adamı K. Funk, organizmalarda özellikle madde değişimlerinde etken olan bu maddelere vitamin adını vermiştir. Enzimlerle vitaminler arasında bir ilişkinin varlığı kanıtlanmıştır. Örneğin; vitaminler proteinle birleşirler ise enzimleri meydana getirirler. Bazı vitaminler de birleşmenin yanı sıra organizmaya ön madde olarak girerler ve burada vitaminlere çevrilirler ve provitamin adını alırlar [1].

Vitaminler büyüme ve gelişme için gereklidirler. Bu besin öğeleri vücudumuzda oluşan kimyasal olayların gerçekleşmesine yardımcı olurlar. Büyüme veya gelişme tamamlansa bile vitaminler hücrelerin, dokuların ya da organların sağlıklı yapılanması için gereklidir. Suda çözünebilen B grubu vitaminleri farklı kimyasal yapıda ve biyolojik özellikteki birçok maddeyi içerir, bunlar da çocukların ve yetişkinlerin sağlığı için önemlidir. Yetişkinlerin gereksinimleri ile kıyaslandığında çocuklar normal gelişimleri için daha fazla vitamine ihtiyaç duymaktadır. Vitaminler katalizör ve birleşme özelliğinin yanı sıra yediğimiz gıdalardan sağlanan kimyasal enerjinin etkin kullanılmasında kullanılarak solunum için gerekli olan protein, yağ ve karbonhidrat döngülerine yardımcıdır [2]. Vitaminler suda ve yağda çözünen vitaminler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Yağda çözünen vitaminler A, D, E ve K vitaminleri, suda çözünenler ise B grubu ve C vitaminidir.

İnsan ve hayvanlar için vitamin kaynağı, doğada bulunan ve vitamin sentezleyen bitkilerdir. İnsan, vitamini ya doğrudan doğruya bitkisel besinlerden ya da hayvansal ürünlerden alır. Bitki kökleri bazı vitaminler olmadan normal gelişim sağlayamazlar. Bunun yanı sıra mikroorganizmaların da büyüme ve gelişmeleri için vitaminlere ihtiyacı vardır [3].

Literatürde B grubu vitaminlerin analizi için mikrobiyolojik metotlar, klasik gravimetrik ve titrasyon metotları, spektrofotometri, spektroflorometri,

kemilüminesans, seçici membran elektrotları, potansiyometri, kapilar elektroforez, immünolojik yöntemler (ELISA), kromatografi (ince tabaka kromatografisi, gaz kromatografisi, yüksek basınçlı sıvı kromatografisi) ve kromatografik ve spektrometrik metotların birleştiği (HPLC-MS, GC-MS vb.) yöntemler de vardır. Bu metotlar karmaşık, pahalı prosedür ve ekipman içermesi veya tehlikeli kimyasal maddelerin kullanımını gerektirmektedir. Bunların arasında gravimetrik metotlar, titrasyon ve çoğu elektrokimyasal analiz metotları yüksek derişimdeki bazı B grubu vitaminlerin tespiti için kullanılır. B grubu vitaminlerin ölçümünde ince tabaka kromatografisi ve gaz kromatografisi uygulamaları azdır. Günümüzde en çok kullanılan metotlar HPLC, florometri ve spektrofotometridir[4]. B grubu vitaminlerin belirlenmesi için en fazla kullanılan metotlardan biri de C18 kolonun kullanıldığı ters fazlı HPLC'dir [5].

Son yıllarda modifiye elektrotların elektrokimyadaki kullanımı ve yüzey modifikasyonu gittikçe önem kazanmakta ve vitamin gibi birçok organik maddelerin tayininde çalışmalar yapılmaktadır. Camımsı karbon elektrot (GCE) yüzeyinde Modifikasyon işlemi, çok döngülü döngüsel voltammetri ile yapılır [6]. İlk taramada tam olarak kaplanmayan elektrot, ikinci ve daha sonraki taramalarda yüzeyi tam anlamıyla kaplanır ve yüzeyi kaplandığı için modifiye elektrot adını alır [7]. Bir katalizörün yüzeye fiziksel adsorplanması ile belirli bir kimyasal grubun yüzeye bağlandığı kimyasal modifikasyon işlemidir. [8] Kimyasal modifikasyon ile daha kararlı ve dayanıklı yüzeyler elde edilebilir.

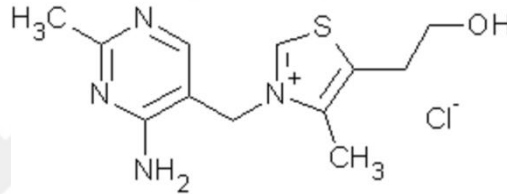
Karbon elektrotların modifikasyonunda en çok başvurulan metot, iletken bir polimerin yüzeye kaplanarak bu yüzeyin karbon elektrot yüzeyine kovalent bağlarla bağlanmasıdır Farklı molekül yapısı, elektroaktivlik gibi özellikleri değişen birçok polimer kullanılarak, farklı modifikasyon özelliklerine sahip sonsuz sayıda elektrot düzenlemesi gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada, hem camımsı karbon elektrotta hem de karbon nanotüp (CNT) modifiye yüzeylere poli(taurin) kaplanarak B vitaminlerinin elektrokimyasal davranışları BR tamponu ortamında incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca elektrot yüzeylerinin karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır.

2.GENEL BİLGELER

2.1 B Vitaminleri

2.1.1 B1 Vitamini (Tiyamin)

B1 Vitamini (Tiyamin) sülfür içeren vitamin anlamına gelmektedir. Suda çözülebilen B Kompleks vitaminlerindedir (Şekil. 2.1). Kimyasal yapısı 1930'da tayin edilmiştir. B1 Vitamini önemli enzim reaksiyonlarında kofaktör olarak görev almaktadır.



Şekil 2.1. B₁ Vitamini kimyasal yapısı

Tiyamin, bir pirimidin halkası ile bir tiyazol halkasından ibaret olup baz karakterlidir. Suda çözünür, yağda çözünmez. Tiyamin hidroklorür suda çözünen, renksiz, biraz acı tatta ve beyaz bir bileşiktir. Karakteristik maya benzeri kokusu vardır. Kuru sıcaklığa dayanıklıdır fakat nötral veya bazik çözeltilerde hızlıca parçalanmaktadır. Ve sülfid etkisiyle de primidin ve tiazole parçalanmaktadır.

Tiyamin, bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenir. Çoğu omurgalı ve bazı mikroorganizmalar için gerekli olan bir vitamindir. Hayvansal, bitkisel organizma ve mikroorganizmalarda karbonhidratların değişiminde önemli rol oynar. Alkali pH değerlerinde ise kararlı değildir. pH 2,0-4,0 arasında maksimum stabiliteye sahipken düşük asitliğe sahip gıdalarda ısı ile kayıplar meydana gelmektedir [8].

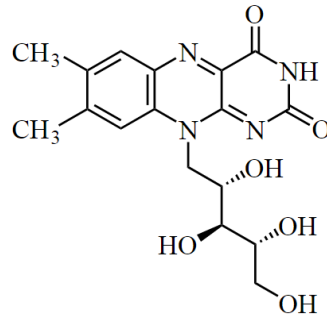
Tiyamin, ette, tahılda ve bira mayasında çok fazla bulunur. B1 vitamini çok oranda bakla, soya fasulyesi ve ekmek, ceviz, fındık, kuru bezelye, yürek, karnabahar, kuşkonmaz, mısır ekmeği ve patatete vardır. İştahsızlık, sinir ve gebelik

hallerinde vücudun tiyamine olan ihtiyacı artar. Günlük alınması gereken miktar Yetişkin erkek için 1200 µg/gün, yetişkin kadın için ise 1000 µg/gün olarak bilinmektedir.

2.1.2 B2 Vitamini (Riboflavin)

Riboflavin yeşil-kahverengi kristal yapıda bir pigmenttir. Moleküldeki en ufak bir değişim bile vitamin kaybına neden olmaktadır. Işığa maruz kaldığında, pH ve sıcaklığın yükselmesiyle riboflavin kaybı da artmaktadır. Suda çok az fakat bazik ortamda iyi çözünmektedir. Birçok organik çözücüde çözünmez (Şekil 2.2) [1].

B₂ vitamini ısıya dayanıklıdır. Fakat alkali ortamda kararlı değildir. B₂ Vitamin yumurta sarısı, karaciğerde, sütte veya bitkilerden elde edildiği için ovoflavin, hepatoflavin, laktoflavin ve verdoflavin olarak da bilinir. Bu vitaminin eksikliğinde göz bozukluklarına yol açar. B₂ vitamini eksikliğinde dilin kırmızlaşması, dudaklarda, ağızda çatlak belirtisi meydana gelir. B₂ vitamini ilaç olarak alınabilir.



Şekil 2.2. B₂ Vitamini kimyasal yapısı

B₂ vitamini 1935 yılında ilk defa sütten izole edildiği için laktoflavin adını da alır. Riboflavin, glukoz 6-fosfatın oksidasyonunda gerekli olan bir vitamindir. Su ve alkolde az çözünen, yağda ise çözünmeyen bir vitamindir. Riboflavin asidik ortamda oldukça kararlı iken, nötral pH'da daha az kararlıdır, bazik ortamda ise hızlıca bozunur. Riboflavinin bozunma mekanizması fotokimyasal olup, ışığa özellikle askorbik asit varlığında çok hassastır [9].

Riboflavin, bir izoalloksazin halkasının ribitil yan zincirine bağlanması ile oluşmaktadır. Ribitil yan zincirinin 5'pozisyonunun fosforilasyonu sonucu flavin mononükleotid (FMN), 5'-adenozil monofosfat birim ilavesi ile de flavin adenin dinükleotid (FAD) meydana gelmektedir (Şekil 2.2).

FMN ve FAD çeşitli indirgeme yükseltgeme reaksiyonlarını katalizleyen flavine bağlı enzimlerin koenzimleridir. Gıdalarda ve sindirim sisteminde bulunan fosfatazların etkisiyle iki form da riboflavine dönüştürülebilir. Riboflavin gıdalarda dinükleotid, fosforik asit ester veya proteine bağlı formda bulunmaktadır. Sadece sütte serbest formda bulunmaktadır [9].

Tablo. 2.1. Çocuk ve yetişkinlerde yaşa bağlı olarak B2 düzeyleri

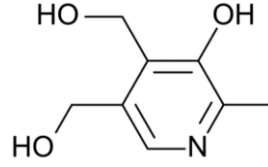
Çocuk		Yetişkin Erkek		Yetişkin Kadın	
0-6 Ay	0,4 mg	11-14 Yaş	1,5 mg	11-50 Yaş	1,3 mg
6-12 Ay	0,5 mg	15-18 Yaş	1,7 mg	51+ Yaş	1,2 mg
1-3 Yaş	0,8 mg	19-50 Yaş	1,8 mg	Hamileler	1,6 mg
4-6 Yaş	1,1 mg	51+ Yaş	1,4 mg	Emzirenlerde	1,8 mg

2.1.3 B6 Vitamini (Pirodoksal)

Paul György tarafından ilk kez 1934 yılında laboratuvar hayvanlarının büyümesi ve bazı deri lezyonlarının iyileşmesi için gerekli bir vitamin olarak açıklanmıştır. Lepkovsky ve arkadaşları tarafından 1938 yılında yiyeceklerden kristaller halinde ayrılarak vitaminin sentezi yapılmıştır [1].

B6 vitamini, piridoksin vitamin aktivitesine sahip olan 2-metil-3-hidroksil-5-hidroksimetilpiridin bileşenleri için kullanılan genel terimdir. B6 vitamininin çeşitli formları 4-pozisyonundaki bir karbon yerini alan grubun yapısına göre farklılık göstermektedir [2]. Bu grup; piridoksinin yapısında alkol, pirodoksalin yapısında aldehid, piridoksaminin yapısında ise amindir. Bu üç temel form pirodoksal kinaz

tarafından 5"-hidroksimetil gurubunda fosforlaştırılarak piridoksin 5"-fosfat, piridoksal 5"-fosfat, piridoksamın 5"-fosfat şekline de dđnüşebilmektedir.



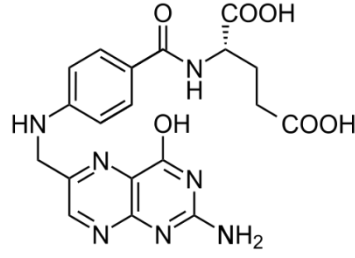
şekil 2.3. B₆ Vitamini kimyasal yapısı

Transaminasyon reaksiyonlarında, bir amino grup asidin α -amino grubuyla enzime bağlı piridoksal fosfat arasında bir Schiff bazı oluşur. Daha sonra bu amino grubu amino asitten ayrılır ve bir α -keto asit oluşur. Meydana gelen enzime bağlı piridoksamın fosfat bir başka α -keto asidiyle reaksiyona girer; sonuçta yeni bir amino asit ve piridoksal fosfat enzim kompleksi oluşur.

Besinlerde B₆ vitamini 3 farklı şekilde, piridoksin, piridoksamın ve piridoksal olarak bulunur. Bunlar vücut içinde birbirine dđnüşür. Aktif şekli kısaca PLF (piridoksal fosfat) dır ve 60 kadar enzimin işleme için koenzimdir. Günlük piridoksin ihtiyacı çocuklar için yaklaşık 1-2 mg, yetişkinler için 2 mg'dır.

2.1.4 B₉ Vitamini (Folik Asit)

Genel olarak folik asit yeşil sebzelerde bol miktarda bulunur. Havuğ, avokado, yumurta ve portakal suyu gibi gıdalarda da bulunur. B₉ dayanıksızdır, ışık, ısı, bekleme ve pişirilme esnasında bozunur. Bağırsaklardaki mikroorganizmalar tarafından da sentezlenir. Besinlerde bulunan folik asit organizmada enzimatik olarak tetrahidrofolik aside dđnüşür/redüklenir. Tetrahidrofolik asit (THFA) ise folik asidin koenzim şeklidir. Tetrahidrofolik asit, bir karbonlu birimlerin enzimatik reaksiyonlarında oksidasyon ve redüksiyonla birbirlerine değişmesinde koenzim olarak görev yapar (metil, metilen, formil, formimino, metenil gibi). Bu yapı DNA ve RNA sentezinde görev alır. Hücre bölünmesi için gereklidir. Bu etkisi ile büyümeyi sağlar.



Şekil 2.4. B9 Vitamini kimyasal yapısı

2.2. İletken polimerler

İletken polimerler, 1970 yıllarında iletkenliğe sahip yeni bir sınıf polimerin keşfiyle başladı. Bu keşifte, üç bilim adamı A.D. Heeger, G. Al. G. Mac Diarmid ve H. Shirakawa büyük rol oynadılar ve bu keşifleriyle beraber Nobel kimya ödülüne layık görüldüler. Bu bilim insanları poliasetileni katkılayarak iletkenliğini artırmayı başardılar [10].

Tablo 2.2. Yaygın kullanılan bazı iletken polimerlerin iletkenlik değerleri ve yapıları.

Polimer	Kısaltma	İletkenlik(S/cm)	Yapı
Poliasetilen	PA	$10^3 - 10^5$	
Polipirol	PPy	$10^2 - 10^3$	
Poli(p-fenilen)	PPP	$10^2 - 10^3$	
Poli(p-fenilen vinilen)	PPV	$10^3 - 10^4$	
Polianilin	PANI	3×10^2	
Politiyofen	PTh	1×10^2	
Poli(3,4-etilendioksitiyofen)	PEDOT	2×10^2	

İletken polimerlerdeki ortak özelliklere göre, polimer zinciri boyunca konjuge π -sistemi içerir. Polimerik molekülün iletkenlik göstermesi için π -sistemi yeterli değildir. Ekstra elektron transferi yapan ya da elektron miktarı az yük taşıyıcılarının polimere şarj edilmesi gereklidir. İletken polimerler, ekonomik olmaları ve ince tabaka halinde elde edilebilmeleri gibi potansiyel avantajlara sahip olduklarından her geçen gün kullanım alanları biraz daha genişlemektedir [26].

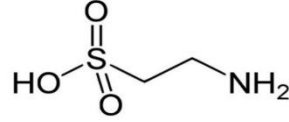
İletken polimerlerin sentezi için birçok yöntem bulunmaktadır. İletken polimerler, kimyasal veya elektrokimyasal işlemler sonucunda da elde edilebilir [27]. Elektrokimyasal kaplama ile polimerler, yükseltgenmiş formunda, iletken olarak elde edildikten sonra polimer filmlerinin morfolojisi ve kalınlığı ise elektroliz sırasında kontrol edilir. Elektrokimyasal polimerizasyon işlemi uygun bir akım-gerilim kaynağı kullanılarak potansiyometrik olarak gerçekleştirilir. Genellikle potantostatik koşullar ince filmler elde edebilmek ve galvanostatik koşullarda kalın filmler elde edebilmek için kullanılır.

Elektrokimyasal yöntemlerin ucuz ve basit olması ve elektrot yüzeyinde çok kısa sürede polimerizasyon yapılması nedeniyle diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilir. Bununla beraber katkı iyonu olarak geniş bir anyon ve katyon seçeneği ortaya koymaktadır.

Standart üçlü elektrot sistemi, çalışma, yardımcı ve referans elektrottan oluşmaktadır. Polimer filmleri yükseltgenme işlemi ile oluştuğu için elektrotların oksitlenmesi gereklidir. Bu yüzden çalışma elektrodu olarak genelde Pt, Au ve ITO kullanılmalıdır. Yardımcı elektrot olarak Pt, Au, Ni vb. kullanılmaktadır. Referans elektrot olarak ise doygun kalomel elektrot (SCE) veya Ag/AgCl elektrot kullanılır. Destek elektrolit seçimi ise çözünürlük, ayrışma ve nükleofilik özelliklere sahip olma parametrelerine dayanmaktadır.

2.2.1. Taurin

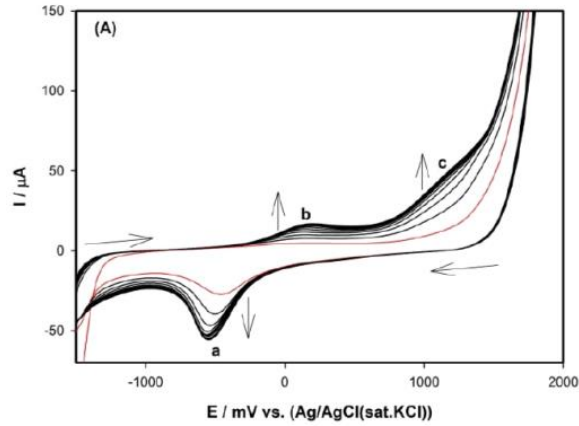
İlk kez 1975 yılında Hayes ve arkadaşları tarafından sığır safrasından izole edilmiş olan taurin, tiyol grubu içeren aminoasitlerden biridir. Yapısında sülfonat grubu bulunduğu için güçlü asidik özellik gösterir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Taurinin Kimyasal Yapısı

Taurin, memeli hücrelerinde en çok bulunan aminoasittir ve suda çözünür. Taurin molekülü, çoğu kaynakta bir amino asit olarak anılsa da, diğer amino asitlerden farklı olarak karboksilik asit grubu yerine sulfonik asit grubu içerir. Sülfonat grubu nedeniyle moleküle daha güçlü bir asit özellik kazandırır. Yüksek asitlik taurini çift kutuplu (zwitteriyonik) yapar. Asit varlığında hidrojen iyonlarını kabul ederek tampon görevi yapabilir. Baz varlığında ise çözeltiye hidrojen iyonu vererek tekrar pH'ı dengelerler.

Memelilerde taurin eksikliğinin beyin gelişiminin yavaşlaması ile safra salgılanması, yağ emilimi, karaciğer ve görme fonksiyonlarının bozulmasına yol açtığı belirlenmiştir [10].



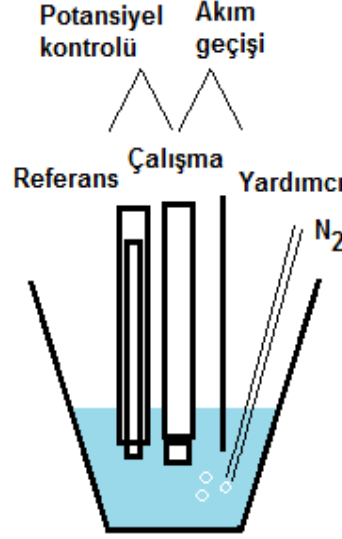
Şekil 2.6. Poly(taurin) elektropolimerizasyon eğrisi

Polimerizasyon sırasında iletken polimerler genellikle anot elektrot yüzeyinde yükseltgenme sonucunda (b ve c pikleri) büyümeye başlarlar. Çözelti içerisinde de belirli oranda polimer oluşabilir[11]. Yükseltgenen monomer genellikle radikal kation oluşturur ve yeni monomer katılmasını takiben elektron aktarımları sonucunda yüzeyde artı yüklü polimer zincirleri meydana gelir. Böylece polimer madde elektrot yüzeyine modifiye olmuş olur[11].

2.3. Voltammetri

Bir çalışma elektrotunun, polarize olduğu şartlar altında akımın uygulanan potansiyelin bir fonksiyonu olarak ölçülmesinden, analit hakkında nicel ve nitel bilgi elde edilen elektro-analitik yöntemlere “Voltammetri” denir. Voltammetride ya da polarografide tam konsantrasyon polarizasyonu şartlarında bir elektrokimyasal hücreden geçen akımın ölçülmesiyle tayinler yapılır. Polarizasyonu sağlamak için kullanılan elektrotlar mikro-elektrotlardır (mm^2 ya da μm^2). Voltammetri, elektrogravimetri ve kulometrik metotlar gibi elektrolitik bir işlemdir, ancak onlar gibi analiti tüketmez.

Voltammetrik hücre üç elektrotlu ve inert gaz girişi içeren cam bir kaptır (Şekil 2.7). Çalışma elektrodu ilgilendiğimiz tepkimenin gerçekleştiği elektrottur. Bu elektrodun potansiyel kontrolünü sağlamada kullanılan elektroda ise **karşılaştırma** (referans) **elektrodu** denir. Referans elektrodun kararlı bir potansiyele sahip olması gerekir ve bu da elektrot tepkimesindeki iyonun derişiminin sabit kılınmasıyla mümkündür. Bu amaçla Ag/AgCl (doymuş KCl) veya doygun kalomel elektrot kullanılabilir. Sudan başka ortamlarda çalışılırken gümüş tuzunun çözündüğü ve Ag metalinin etkilenmediği çözücülerle hazırlanmış Ag/AgCl elektrodu kullanılabilir. Voltammetrik ölçmelerde akım geçişini üzerine alacak platin ya da karbon çubuktan yapılmış **yardımcı elektrot** ile devre tamamlanır.



Şekil 2.7. Voltammetrik hücre

2.3.1 Voltammetride kullanılan ölçüm teknikleri

Voltammetrik yöntemlerin özünde elektroda uygulanan potansiyele karşı elde edilen akımın izlenmesi yer alır. Bu yöntemler uygulanan potansiyelin zamanla değişimi ve akım örnekleme türüne göre farklı adlar alır ve duyarlık sınırı da değişir (Tablo 2.3).

Elektrot potansiyelinin zamanla doğrusal değiştiği taramalarda (LSV) potansiyel değişimine karşı devreden geçen akım sığasal akım bileşeni de içerdiğinden, duyarlık sınırlı kalmaktadır. Duyarlık artırmaya yönelik geliştirilen tekniklerden kimileri Tablo 2.3’ de verilmiştir.

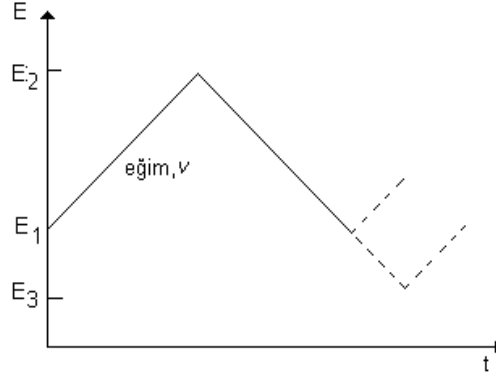
Doğrusal bir potansiyel değişimine alternatif akım bindirilerek gerçekleştirilen alternatif akım (AA) voltammetrisinde sığasal ve faradayik akım bileşenleri farklı ölçülebildiğinden doğrusal taramalı voltammetriye göre daha duyarlı bir tekniktir. Bu teknikte bir analitin sinyali verebilmesi için mutlaka tersinir bir elektrot tepkimesine sahip olması gerekir. Diğer bir teknik olan kare dalga (SW) voltammetrisi çok hızlı tarama yapılması gereken durumlarda yüksek duyarlılıkla ölçümleri sağlayan diğer bir yöntemdir. Diferansiyel puls voltammetrisi (DPV) sığasal akımın giderilerek ölçümü sağlayan diğer bir yöntem olarak yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tablo 2.3. Kontrollü Potansiyel Altında Çalışılan Yöntemlerin Özellikleri

Teknik	Kısaltma	Çalışma Elektrodu	Belirtme sınırı (M)
Doğru akım Polarografisi	DC	DME	10^{-5}
Normal Puls Polarografisi	NP	DME	5×10^{-7}
Diferansiyel Puls Polarografisi	DP	DCE ve katı elektrotlar (C, Pt, Au vb.)	10^{-8} ve 5×10^{-7}
Kare dalga Polarografi	SW	DCE	10^{-8}
Alternatif akım Polarografisi	AA	DCE	5×10^{-7}
Kronoamperometri		Durgun Elektrot	10^{-5}
Döngüsel Voltammetri	CV	Durgun Elektrot	10^{-5}
Anodik Sıyırma Voltammetrisi	ASV	HMDE ve MFE	10^{-10}
Adsorptif Sıyırma Voltammetrisi	AdSV	HMDE ve katı elektrotlar	10^{-10} ve 10^{-9}
Adsorptif Katalitik Sıyırma V.	AdCSV	HMDE	10^{-12}

2.3.2 Döngüsel Voltammetri

Başlangıç potansiyeli olarak genellikle redoks tepkimesinin henüz gerçekleşmediği bir potansiyel değeri seçilir ve potansiyel redoks tepkimesinin gerçekleştiği yönde E_1 ve E_2 sınırları arasında belli bir tarama hızında (ν) yapılır. Bu tekniği doğrusal taramalı voltammetriden (LSV) ayıran yanı; E_2 potansiyeline ulaşıldığında taramanın tersine çevrilmesidir. Böylece yeniden başlangıç potansiyeline ulaşılabilir, potansiyel taraması kesilebilir, tekrar geri çevrilir, ya da bir E_3 değerine kadar tarama sürdürülebilir. Kullanılan potansiyel-zaman dalga formu Şekil 2.8’de gösterilmiştir.

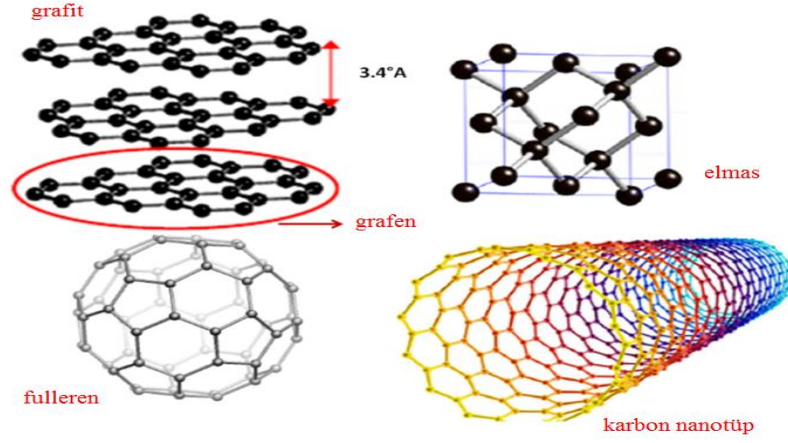


Şekil 2.8. Taramalı voltammetri için potansiyel-zaman değişimi.

2.3.Yüzey Modifikasyonu ve Karbon nanotüpler

Günümüzde grafit, camımsı karbon tozu, karbon nanolif ve karbon nanotüp gibi karbon esaslı maddelerden yola çıkılarak hazırlanan elektrotlar elektrokimyasal analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle spektroskopik saflıktaki grafit ve karbon nanotüpler bağlayıcı nitelikte mineral yağ ile karıştırılıp, farklı modifiyerlerle birleştirilerek, kompozit elektrot yapımında kullanılmaktadır. Bu yolla elektron iletiminin hızlandığı gözlenmiştir.

Karbon temelli kompozit elektrotlarda modifiye edici maddeyi de içeren TiO_2 , zirkonyum fosfat, kil, zeolit gibi tabakalı yapılar yanında, polimerler ve reçinelerle birlikte metal nano parçacık, metal oksit ve yarı iletken özellikteki metal sülfürlerle de kompozit elektrotlar hazırlanabilir.



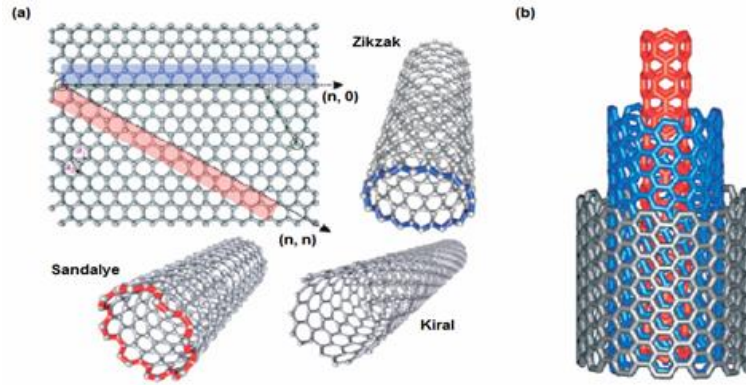
Şekil 2.9. Karbonun allotropları

Katmanlı yapıda bulunan grafit yarı metalik özellikte olup, sp^2 hibritleşmesine sahiptir. Katmanlar arasında 0.67 nm mesafe olmasına karşın aralarında herhangi bir kimyasal bağ yoktur. İletkenlik düzeyi de yarı iletken ile metal arasındadır. 1985 yılında 60 ya da daha fazla karbon atomunu birleştirilmesiyle oluşan futbol topu şeklindeki moleküller keşfedilmiş ve bu topların diğer atom veya moleküllerle yaptığı bileşiklere fulleren adı verilmiştir.

Grafen ise karbonun bal peteği şeklinde örgülü yapısının düzlemsel halidir. İki boyutlu grafen çok esnek bir materyaldir. Grafen düzlemi boylamasına kıvrıldığında elde edilen ucu açık ya da kapalı silindirik yapıya **karbon nanotüp** denir (Şekil 2.9). Bu düzenleme sırasında karbon atomlarının yanı sıra elektronların kuantum mekaniksel dalga fonksiyonları da uyumlu olarak düzenlendiğinden, elektriksel iletkenlikleri metallerle yarışır düzeydedir. İlk olarak çok duvarlı karbon nano tüpler, 1991’de geçişli elektron mikroskobu kullanılarak aydınlatılmıştır.

CNT’ler tek, çift, çok duvarlı veya floren içeren türde olabilir (Şekil 2.10). Tek duvarlı karbon nanotüpler katlanışına göre zikzak ve koltuk şeklinde ya da kiral olabilir. Suda çözünürlükleri az olduğundan, kararlı süspansiyonlarını oluşturmada toluen, THF ve DMF gibi organik çözücüler kullanılır. Bu tüplerin yan yüzeylerine hidroksil ve karboksil grupları bağlanmasıyla kuvvetli asitlere ve diğer kimyasal yükseltgenlere karşı oldukça reaktif hale gelirler.

Oldukça geniş yüzey alanı/hacim oranına sahip olan CNT'ler, inert atmosferde mükemmel bir ısı kararlılığına sahiptirler.



Şekil 2.10. Karbon nanotüplerin grafen düzlemi kıvrılarak eldesi ve türleri; a) Grafen levha, zigzak, sandalye ve kiral tipi tek duvarlı b) çok duvarlı karbon nanotüpler

Elektrot malzemesi olarak kullanılmadan önce karbon nanotüp kuvvetli asitlerle muamele edilerek, hem üretim aşamasında taşınan safsızlıklar (metal katalizörler ya da diğer safsızlıklar) giderilebilmekte hem de koşullandırma yapılarak tüp uçlarında fonksiyonel $-COOH$ grupları oluşturularak iletkenlik, optik, mekanik dayanıklılığı ve yüzey polaritesi değiştirilebilir. Genelde bu değişimler iyi bir elektrokatalitik etkinlik göstermeyle sonuçlanmaktadır.

2.4.Çeşitli modifiye yüzeylerde B vitaminlerinin elektrokimyasal analizleri

Bu projede taurin maddesi elektrot modifiye substratı olarak kullanılacaktır. B vitaminleri tayinleri üzerine yapılan literatür araştırmalarında, kullanılan elektrokimyasal yöntemler, elektrot yüzeyleri, çalışılan ortam ve doğrusal aralıklar özetlenmiştir. Tablo 2.4'de görüldüğü gibi B vitaminleri için düşük belirtme sınırlarına inebilmek için elektrot yüzeyleri çeşitli maddelerle modifiye edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada çeşitli elektrot yüzeyine (GCE, ITO vb.) döngüsel voltametri kullanılarak elektropolimerizasyonu gerçekleştirilecektir[28, 29]. Ayrıca bu polimer film yüzey üzerine metal nanoparçacıklar (Au, Pt, Cu vb.) modifiye edilerek B vitaminleri üzerine etkisi araştırılacaktır.

Tablo.2.4. Çeşitli elektrokimyasal yöntemler kullanılarak B vitaminleri tayin çalışmaları

Yöntem	Analit	Elektrot	Ortam	Lineer Aralık (M)	Lod (M)	Lit.
CV	B2	zeolite/CMCPE	KNO ₃	1.7×10^{-6} - 34×10^{-5}	7.1×10^{-7}	[21]
DPAdSV	B9	PCPE	BR tamp. pH 5	1.346×10^{-6} - 1.021×10^{-4}	1.346×10^{-7}	[22]
SWV	B9	BiNWs	BR tamp. pH 4.5	1×10^{-8} - 15×10^{-8}	$9,53 \times 10^{-9}$	[23]
CA	B9	p-AMT/GCE	PB tamp. pH 7	1×10^{-7} - 8×10^{-4}	2.3×10^{-10}	[24]
CA	B9	Au/MWCNT/GCE	PB tamp. pH 7	2×10^{-8} - 1×10^{-6}	1×10^{-8}	[25]
DPV	B9	MWCNT/PBCB/GCE	PB tamp. pH 7	9×10^{-4} - 2.31×10^{-3}	96×10^{-9}	[26]
SWV	B2	-	Fosfat pH 7	7×10^{-8} - 1×10^{-6}	5×10^{-9}	[27]
CV	B2	-	BRtamp	1×10^{-7} - 1×10^{-6}	1×10^{-10}	[28]
CV	B2	PB/Pt	FosfatpH 4	5×10^{-5} - 3×10^{-3}	4.19×10^{-5}	[29]
DPV	B2	P3MT/GCE	FosfatpH 4	(B2) 1×10^{-7} - 2×10^{-4}	(B2) 5×10^{-8}	[30]
DPV	B2, B6	p-AMTa/GCE	FosfatpH 7.2	(B2) 5.05×10^{-2} - 5.56×10^{-3} M (B6)	(B2) 4.54×10^{-8} (B6) 1.2×10^{-9}	[31]
DPV	B2,	MWCNT/GCE	-	(B2) 5×10^{-7} - 4×10^{-4}	(B2) 2×10^{-7}	[32]
DPV	B2, B6	PEDOT/ZrO ₂ NPs/GCE	Fosfat pH 7	(B2) 5×10^{-8} - 3×10^{-4} (B6) 5×10^{-7} - 1×10^{-3}	(B2) 2×10^{-7}	[33]

Not: CV: Döngüsel Voltammetri, DPV: Diferansiyel Puls voltammetri, SWV: Kare Dalga Voltammetri, DPAdSV: Diferansiyel Puls Anodik Sıyırma voltammetri, CA: Kronoamperometri, p-AMT: 5-amino-2-mercapto-1, 3, 4-thiadiazole, MWCNTs: phosphomolybdic-Polypyrrole film modified glassy carbon electrode. BR: Britton–Robinson Tamponu, PB/Pt: iron(III) hexacyanoferrate(II) (platinum disc electrode)

2.5 Taramalı elektron Mikroskop(SEM)

Çalışma prensibi vakumlu bir ortam altında, incelenecek olan örneğe elektron göndermek ve bu işlem sonrası cisimden saçılan elektronları toplayarak ekrana görüntüyü yansıtmaktır. Bir elektron mikroskobu, incelediğiniz cismi 2.000.000 kat büyütebilir, hatta atomik boyutlara kadar görüntü almamızı sağlayabilir.

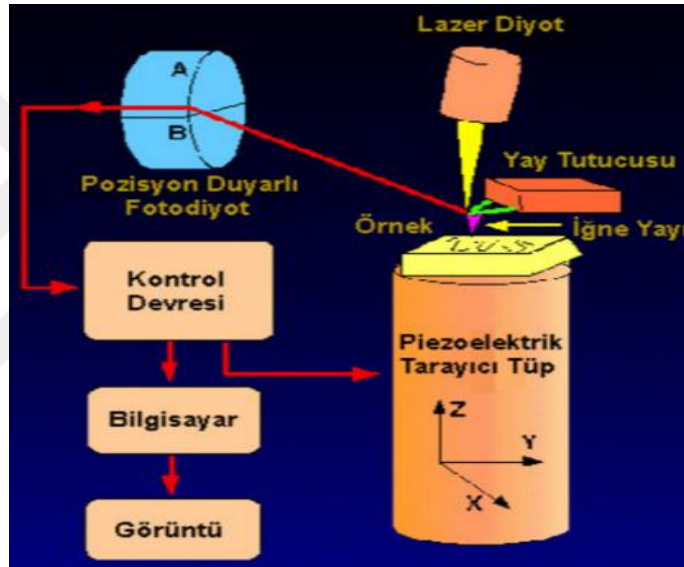
Elektronların oluşturulup gönderilmesinden itibaren başlayan bu zorlu süreç, elektronun mikroskop içindeki davranışlarını kontrol etme, elektronun cisim üzerinde düşeceği yeri belirleme, gönderilen elektronların yoğunluğu, merceklerin kullanımı ve son olarak cisimden saçılan veya geçirilen elektronların toplanması ve yazılım aracılığıyla çözümlenmesi gibi süreci kapsamaktadır. Yüksek enerjili demet elektronları, numune atomlarının dış yörünge elektronları ile elastik olmayan girişimi sonucunda düşük enerjili Auger elektronları oluşur. Bu elektronlar numune yüzeyi hakkında bilgi taşır.

Yine yörünge elektronları ile olan girişimler sonucunda yörüngelerinden atılan veya enerjisi azalan demet elektronları numune yüzeyine doğru hareket ederek yüzeyde toplanırlar. Bu elektronlar “ikincil elektron” olarak tanımlanır. İkincil elektronlar numune odasında bulunan sintilatörde toplanarak ikincil elektron görüntüsü sinyaline çevrilir. İkincil elektronlar numune yüzeyinin 10 nm veya daha düşük derinlikten geldiği için numunenin yüksek çözünürlüğe sahip topografik görüntüsünün elde edilmesinde kullanılır.

2.6. Atomik Kuvvet Mikroskop (AFM)

Atomik Kuvvet Mikroskobu esnek bir manivela ve buna bağlı “tip” adı verilen yüzeyi sivri bir uçtan oluşur. Manivela çeşitli amaçlar için çeşitli malzemelerden üretilse de genellikle silikon veya silikon nitrürdür. Malzeme ile temas halinde, hareketli uç ile malzeme arasında nanonewton büyüklüğünde kuvvet uygulanır ve bu kuvvet sabit tutulur. Böylece gezici uç herhangi bir engel veya çıkıntı ile karşılaştığında söz konusu kuvveti dengelemek için hareket eder ve kuvveti sabitler. Böylece yüzeyin 3 boyutlu görüntüsünü çıkarmak mümkündür (Şekil. 2.11).

Bunun yanında farklı şekillerde farklı amaçlar içinde kullanmak mümkündür. Örneğin uç ile numune arasında ki kuvveti sabit tutmak yerine uç yüksekliği sabit tutulursa numune ile uç arasındaki itme-çekme kuvvetlerinin haritası elde edilir. Kısaca; Sivri iğneler, mikro fabrikasyon teknolojisiyle çok küçük silikon yaylar üzerine yerleştirilir. İğne ile yüzey arasındaki kuvvetten dolayı bükülen yayın sapması, yayın arkasına odaklanan lazer ışığı yardımı ile bir foto detektör üzerine düşürülür ve çok duyarlı bir şekilde ölçülür. İğne ile yüzey arasındaki kuvvet, bir geri besleme devresiyle sabit tutulur ve iğne yüzeyi tararken ölçülen iğne hareketi, bize yüzeyin topografisini verir.



Şekil 2.11. AFM Çalışma prensibi blok diyagramı

3.DENEYSEL BÖLÜM

3.1 Kullanılan Kimyasal Çözeltiler

Elektrokimyasal ölçümler için Autolab PGSTAT101 cihazı kullanıldı. Elektrotların yüzeyini temizlemek için ultrasonik banyo ve üçlü elektrot olarak; çalışma elektrodu camımsı karbon elektrot (GCE), yardımcı elektrot olarak Pt tel ve referans elektrot olarak Ag/AgCl (doymuş KCl) kullanıldı. pH metre (Orion), ultra saf su için; Millipore saf su, IR lamba (İnfrared GENERAL 150 watt), kimyasallar; HCl, HNO₃, KNO₃, H₂SO₄, H₃PO₄, NaOH, çok duvarlı karbon nanotüp (% 90 saflık, 110-170 nm, Sigma), taurin, HAuCl₄, H₂PtCl₆, B vitaminler (folik asit (B9), tiyamin (B1), riboflavin (B2), piridoksin (B6) ve siyanokobalamin (B12)) Merck kullanıldı. Modifiye elektrotların yüzey karakterizasyonları SEM FEI QUANTA 250 cihazıyla ve Atomik kuvvet mikroskop (AFM) NANOMANYETİK cihazıyla yapıldı.

3.2. Karbon Nanotüplerin Hazırlanması

0,6 gram MWCNT tartılıp 25 mL'lik behere alındı. Isıtıcı üzerinde 200 °C sıcaklıkta her seferinde 2 mL olmak üzere 5 defa derişik HNO₃ ilave edilerek kaynatıldı [32]. Son katımdan sonra buharlaşan asitle birlikte yaklaşık 0,5 mL olan çözelti soğutuldu. 7-8 defa her seferinde 5 mL saf su kullanılarak asit uzaklaştırıldı. 60 °C sıcaklıktaki etüvde 1 gün kurumaya bırakıldı. Sonra beherdeki kalıntıdan 0,05 gram karbon nanotüp tartılarak 5 mL dimetil formamit (DMF) içinde çözüldü ve 1 saat ultrasonik banyoda tutuldu. Denemelerden önce çözelti 10 dakika ultrasonik banyoda tutuldu.

3.3. Örnek analizi

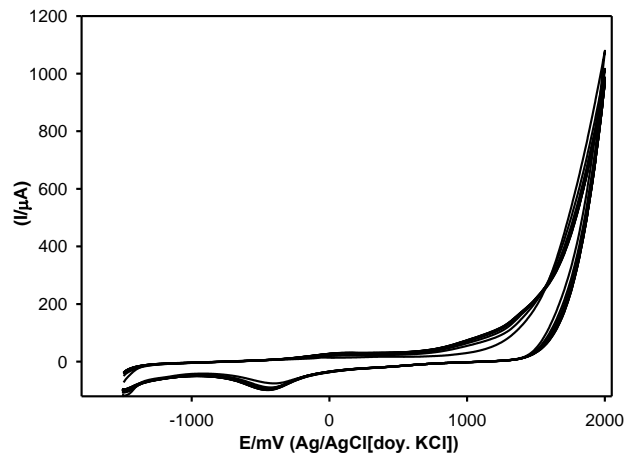
Örnek analizleri için değişik markalarda 3 adet örnek enerji içeceği temin edildi. Örnekler +4 °C de buzdolabında muhafaza edildi.

3.4. Yöntem

Camımsı karbon elektrot sulu Al_2O_3 (Alümina) ile temizlenip parlatıldı. Ultrasonik banyoda yüzeydeki safsızlıklar ve gazlar uzaklaştırıldı. Temiz camımsı karbon elektrota 7 μ L CNT süspansiyonundan damlatılıp yaklaşık 20 dakika IR lamba altında çözücü uçurularak CNT/GC elektrot hazırlandı. Daha sonra voltammetrik hücreye 10 mL 2 mM taurin (0,1 M KNO_3 içinde) eklenerek üçlü elektrot sistemi çözeltiye daldırılıp -1.5V ile +1.8V potansiyel aralıkta 100 mV/s tarama hızında belirli döngü sayıda döngüsel voltammetri ile kaplanarak poli(taurin)/GC elektrot oluşturuldu (Şekil 3.1) [10]. Bir diğer voltammetrik hücreye 10 mL BR tamponu ilave edilip, modifiye elektrot bu çözeltiye daldırılıp destek voltammogramı kaydedildi. Bu elektrotta -1.0 V ile +1.0 V potansiyel aralıkta 50 mV/s tarama hızında vitaminlerin elektrokimyasal davranışı incelendi.

3.5. Elektrot Yüzeyine Polimerleşme ve Metal Nanoparçacık Modifikasyonu

Şekil 3.1’de, 2.0 mM taurin çözeltisinden CNT/GC elektrot yüzeyine ardışık döngülerde kaplanan poli(taurin) filmin döngüsel voltammogramı elde edilmiştir. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi -520 mV’da taurin’in indirgenme piki elde edilmiştir. Bu pikin akımı döngü sayısı arttıkça artmıştır. 20 döngüden sonra pik akım artışı sabit kalmıştır. Burada polimerleşme tamamlanarak poli(taurin) yüzeyde kararlı hale gelmiştir.

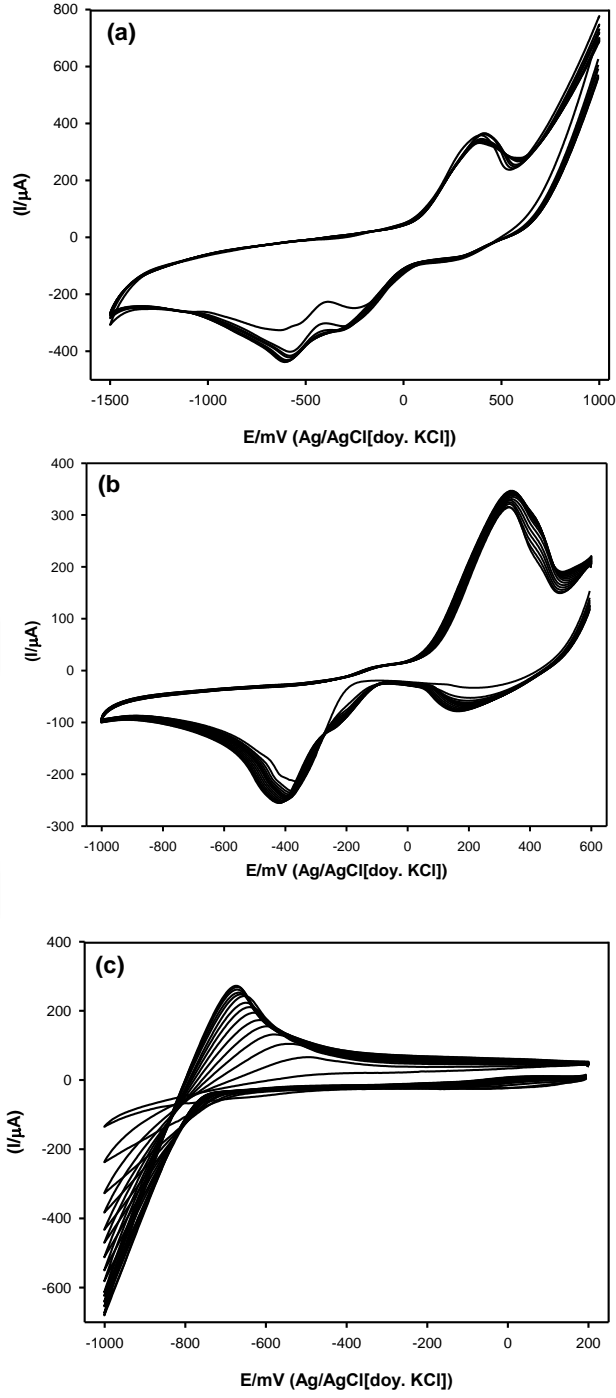


Şekil 3.1. Yalın camımsı karbon elektrot yüzeyine 2,0 mM Taurin monomeri çözeltisinden poli(taurin) elektrodun oluşturulması [10].

Elektrot yüzeyine oluşturulan poli(taurin) film ve CNT/GCE üzerine, metal (Au, Pt) aralığında nano parçacıklar kendi tuz çözeltisinden belirli bir redoks potansiyelleri aralığında kaplandı [10] (Şekil 3.2). Au nanoparçacıklar Poli(taurin) film ve CNT/GCE elektrot yüzeyine 5 mM H₂AuCl₄ çözeltisinde +1000 ile -1500 mV potansiyel 100 mV/s tarama hızında döngüsel voltammetri ile kaplanmıştır (Şekil 3.2a ve b). Poli(taurin)/CNT/GC modifiye elektrot yüzeyine 2 mM H₂PtCl₆ çözeltisinden +200 ile -1000 mV potansiyel aralığında 100 mV/s tarama hızında döngüsel voltammetri ile kaplanmıştır (Şekil 3.2c).

Bu elektrot yüzeylerinde elde edilen metal nanoparçacıkların yüzey karakterizasyonları SEM-EDX ile doğrulandı. Taurin polimeri üzerine elektrokimyasal yolla modifiye edilen Au nano parçacıkların yüzey görüntüleri elektrot yüzeyine çeşitli büyütme oranlarında yaklaşılarak SEM ile alınmıştır. Au ve Pt nanoparçacıklar homojen dağılım göstermiştir (Şekil 3.9).

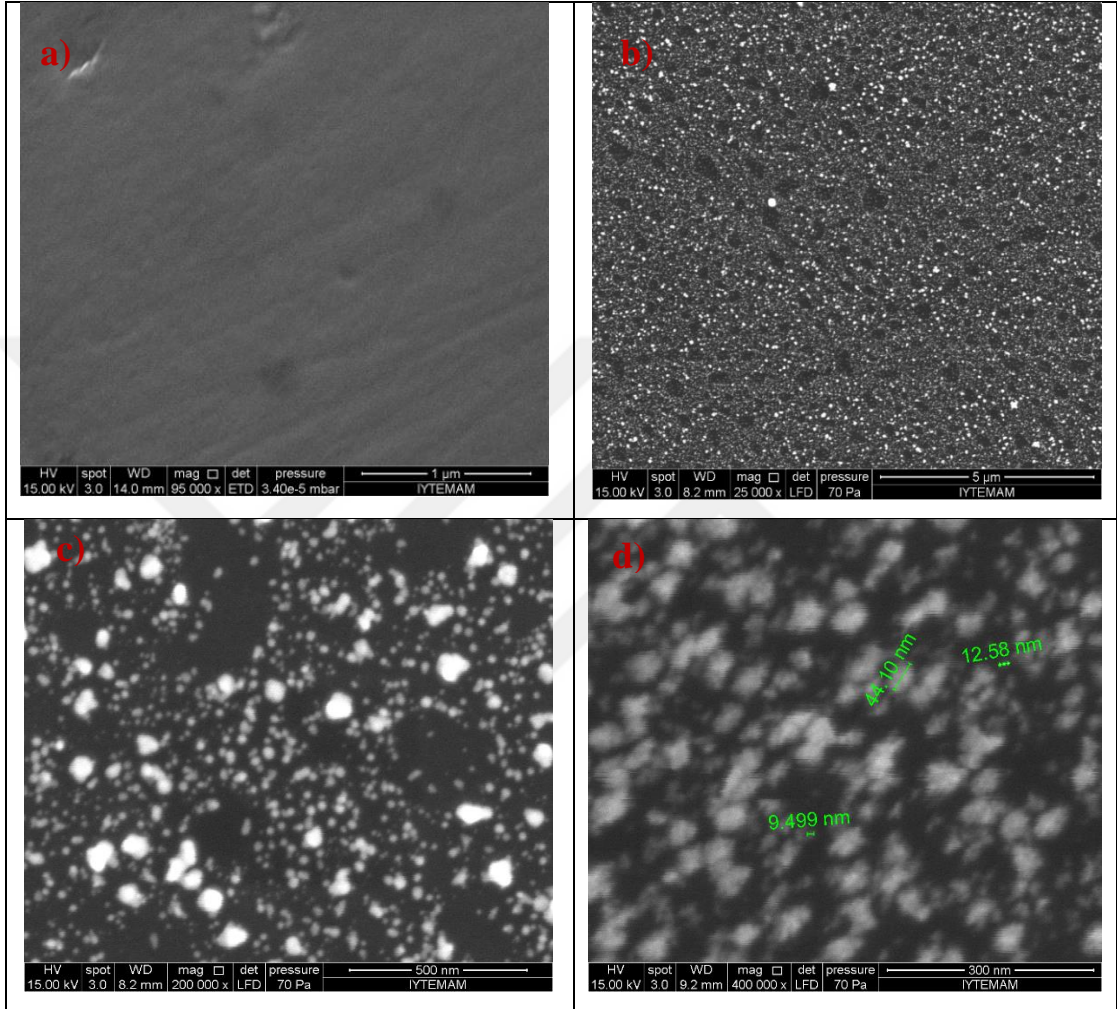
Au nano parçacıkların boyutları 20-90 nm ve platin nanoparçacıkların boyutları ise 10-50 nm olarak ölçülmüştür. Ayrıca yüzeyde bulunan metal nano parçacıkların ve diğer metallerin analizleri EDX analizi ile yapılmıştır. EDX spektrumuda Au ve Pt nanoparçacıkların elektrot yüzeyindeki varlığını açıkça görülmektedir (Şekil 3.10).



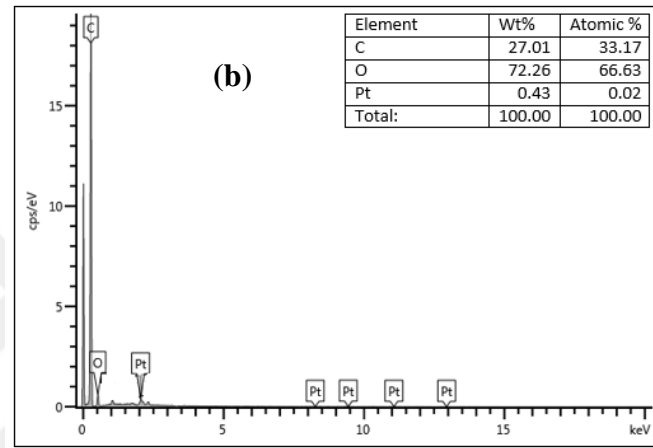
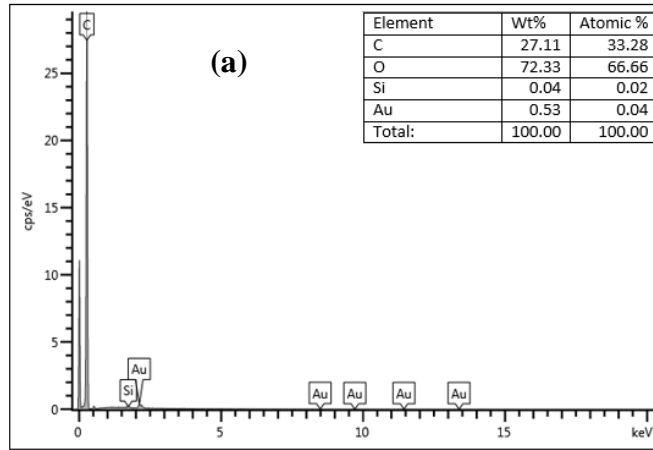
Şekil 3.2. Döngüsel Voltametri ile kaplamalar, a) Au'nun CNT/GCE üzerine, b) Au'nun poli(Taurin)/CNT/GCE üzerine, c) Pt'nin poli(Taurin)/CNT/GCE üzerine modifikasyonu.

3.5. Modifiye Elektrotların SEM-EDX ile karakterizasyonu

Yalın camımsı karbon elektrot yüzeyine poli(taurin), AuNP ve PtNP modifiye edilen elektrotların SEM görüntüleri Şekil 3.3’da verilmiştir.



Şekil 3.3. SEM görüntüleri, a)Yalın GCE, b) Poli(taurin)/GCE, c) AuNP/poli(Taurin)/GCE, d) PtNP/poli(Taurin)/GCE.

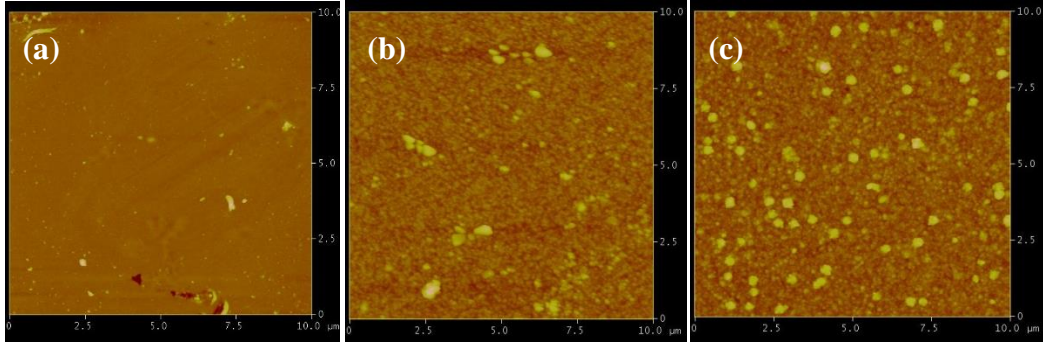


Şekil 3.4. EDX spekturum, a) AuNP /poli(Taurin)/GCE ve b) PtNP/poli(Taurin)/GCE

Camımsı karbon elektrot yüzeyine poli(taurin) oluşumu SEM de çok açık bir şekilde görülmektedir. Çoğu SEM görüntülerinde örnek yüzeyindeki polimerler yüksek enerjili elektronlardan dolayı yanarak bozulabilmektedir. Burada yavaşlatılmış elektron demeti tekniği kullanılarak poli(Taurin) görüntüleri elde edildi.

3.6. Modifiye Elektrotların AFM ile karakterizasyonu

AFM analizi ile ITO (indiyum-kalay oksit) yüzeyindeki poli(taurin) ve elektrokimyasal yolla modifiye edilen Au ve Pt nanoparçacıkların yüzey morfolojileri incelendi (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. AFM analizi a) poli(Taurin)/İTO, b) AuNP/poli(Taurin)/İTO, c) PtNP/poli(Taurin)/İTO.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı elektrot yüzeyine taurinin elektrokimyasal polimerleşmesi üç farklı aşamada incelenmiştir. Birinci aşamada camımsı karbon elektrot yüzeyine taurin monomerinden polimerleştirilip (poli(Taurin)/GCE) bu yüzeylerde B vitaminlerinin yan yana tayinleri çalışılmıştır. İkinci aşamada poli(Taurin)/GCE yüzeyine Pt ve Au nanoparçacıklar modifiye edilerek bu elektrotların B vitaminleri için optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Üçüncü aşamada camımsı karbon elektrot yüzeyine CNT modifiye edilerek bu yüzeylere poli(taurin) kaplayarak (poli(taurin)/CNT/GCE) B vitaminlerine etkisi araştırılmıştır. Son aşamada ise poli(taurin)/CNT/GCE yüzeyine Pt ve Au nanoparçacıklar modifiye edilerek B vitaminlerinin yan yana elektrokimyasal davranışları izlenmiştir.

Yalın GCE ve poli(Taurin)/GCE, poli(taurin)/CNT/GCE, metal nanoparçacık modifiye elektrot yüzeylerinde B vitaminlerin pik potansiyeli ve pik akımları yalın elektrota göre karşılaştırıldı. Bu tezde çeşitli parametreler optimize edilerek B vitaminlerinin yan yana tayinleri için en uygun ortamlar belirlendi. Bu parametreler;

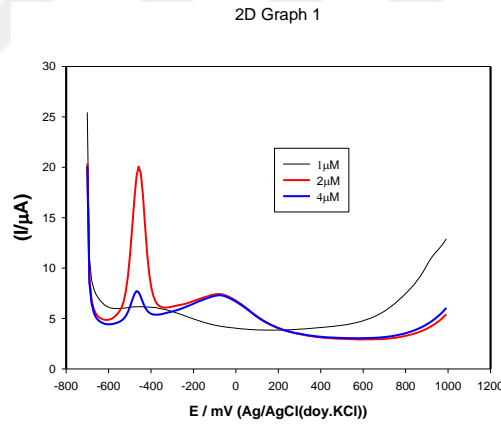
- BR tampon çözeltisi pH(2-12),
- Çok duvarlı karbon nanotüp(CNT) modifikasyonu,
- Taurin derişimi, Taurin döngü sayısı,
- Au³⁺ derişimi, Au³⁺ döngü sayısı,
- Pt⁴⁺ döngü sayısı, vb. dir

4.1.Taurin Derişimi

Taurin monomerinden çıkılarak farklı derişimdeki (1, 2 ve 4 mM) çözeltileri hazırlanmış ve +1500 ile -1000 mV potansiyel aralığında GC elektrot yüzeyine döngüsel voltammetri ile 10 döngü kaplanarak iletken polimer film oluşturulmuştur. Daha sonra bu elektrot yüzeyinde B2 vitamininin voltammogramı kaydedilmiştir.

Şekil 4.1 de görüldüğü gibi B2 vitaminine ait -0,5V da ki pik akımına taurin monomer derişiminin etkisi incelendi. Pik akımındaki artış göz önüne alındığında en yüksek akım 2 mM taurinden yapılan modifiye elektrot yüzeyinde elde edildi.

GCE elektrot yüzeyi 4 mM taurin den 10 döngü kaplandığında pik akımında düşme gözlemlendi. Bunun sebebi elektrot yüzeyindeki polimer(taurin) film kalınlığının artmış olması ve elektron transfer hızının yavaş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle optimum taurin derişimi 2 mM olarak seçildi.



Şekil 4.1. Farklı derişimdeki, döngüsel voltammetri ile 10 döngü Taurin monomerinden kaplanmış GCE yüzeydeki B₂ vitaminin voltammogramı

4.2. B vitaminlerin Farklı pH ortamlarındaki davranışları

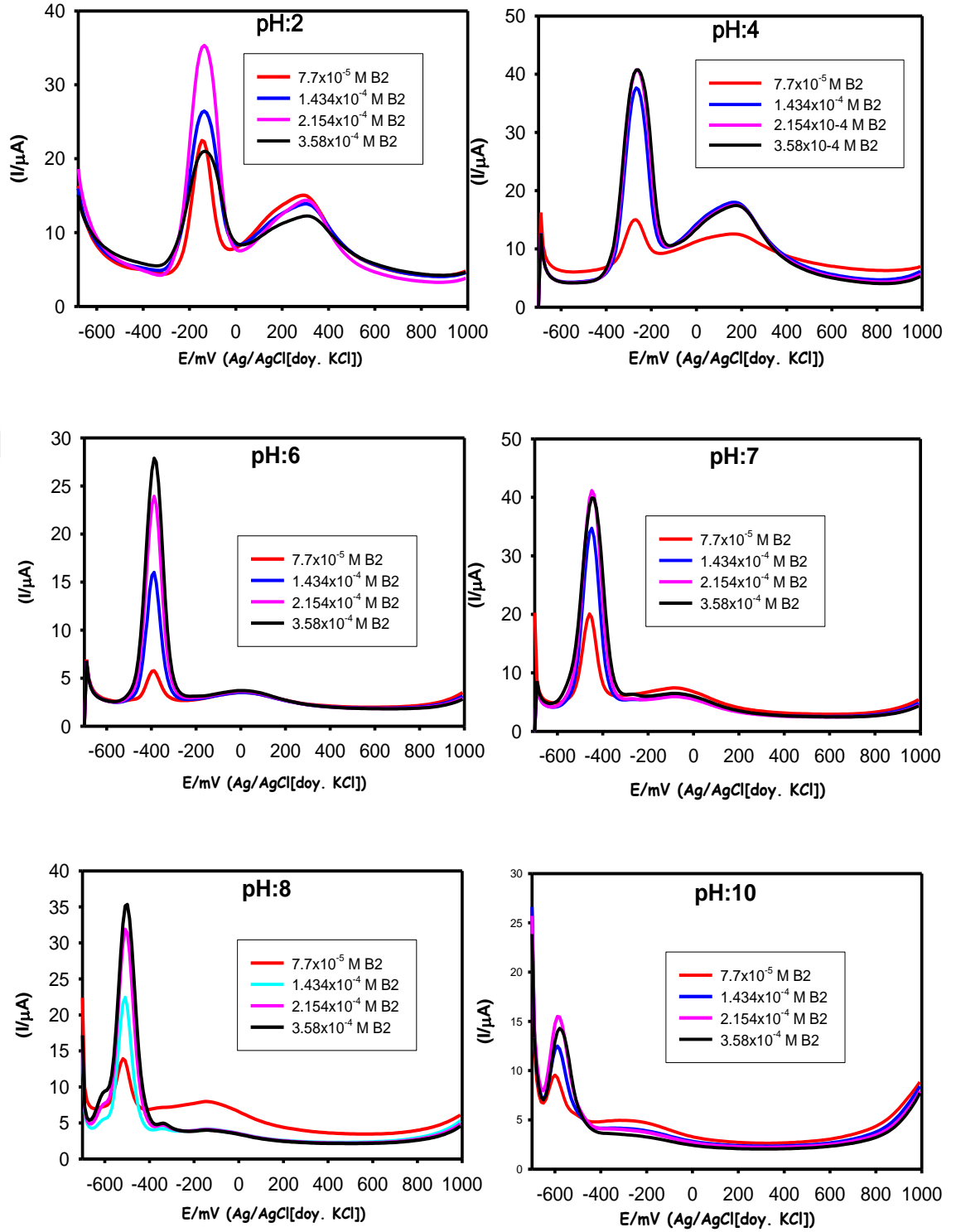
4.2.1 B2 Vitaminin Poli(Taurin)/GC elektrotta farklı pH'deki davranışı

Döngüsel voltammetri ile 2 mM taurin'den 10 döngü kaplanarak poli(Taurin)/GC elektrot hazırlandı. Voltammetrik hücreye 10 mL 0,1 M Britton-Robinson (BR) tamponunun farklı pH'larda (2-12) çözeltileri eklendi. Destek voltammogramı alındıktan sonra artan derişimlerde B2 vitamini ilave edilip

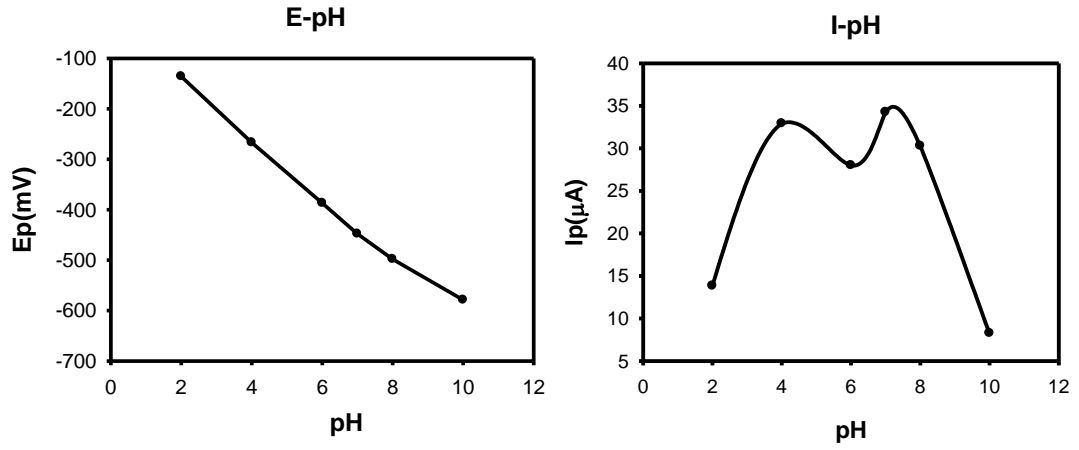
kaydedildi (Şekil 4.2). BR tampon ortamlarındaki B2 nin elektrokimyasal davranışı incelendiğinde B2 derişim ile pik akımlarındaki orantılı artışlar ve pik şekli göz önüne alındığında pH 6'nın optimum olduğu belirlendi. B2 vitamini pH 6 BR ortamında yaklaşık -387 mV da tek pik halinde görülmektedir.

B2 vitamini pH 6'nın altında daha pozitive doğru, üstünde ise negatif yöne kayma gösterdiği tespit edilmiştir. Şekil 4.3'de görüldüğü gibi 2×10^{-4} M B2 vitamini için pH'a karşı akım ve potansiyel değişimleri ve tablosu verilmiştir.





Şekil 4.2. BR tamponu farklı pH'larda poli(Taurin)/GC elektrotta B2 vitamininin artan derişimdeki diferansiyel puls voltammogramları

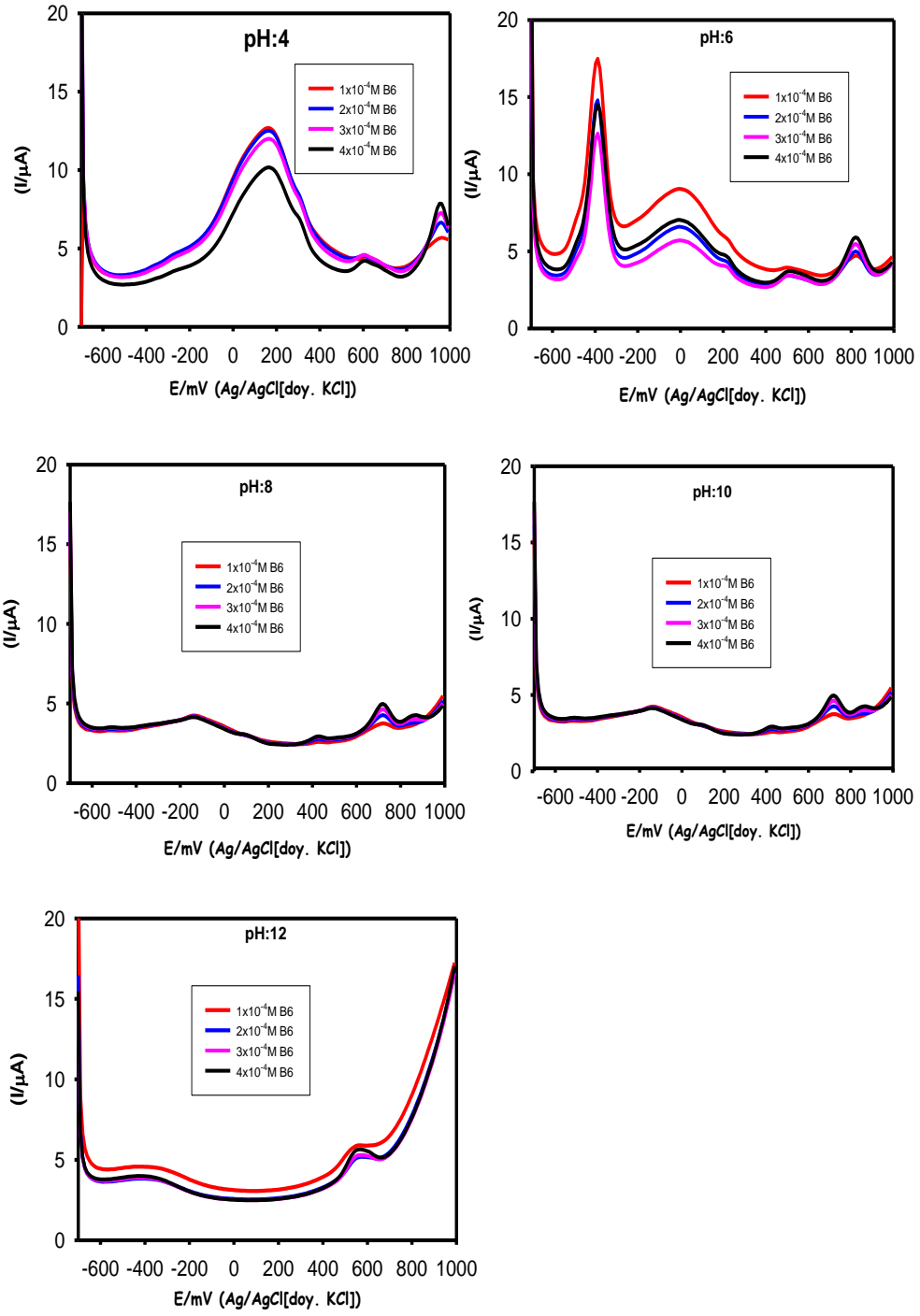


pH	Ep(mV)	Ip(μA)
2	-136	13,84
4	-267	32,91
6	-387	28,01
7	-448	34,26
8	-498	30,28
10	-579	8,26

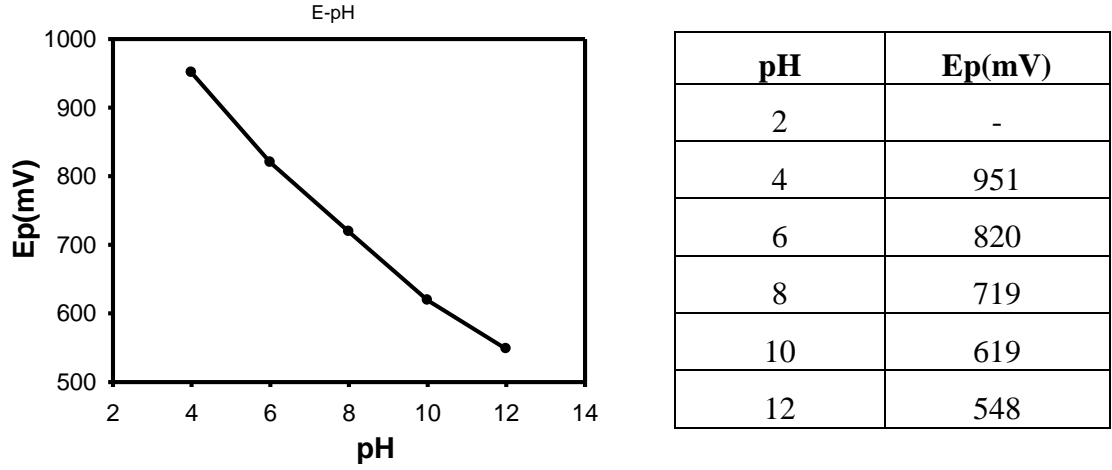
Şekil 4.3. poli(Taurin)/GC elektrotta B2 vitamininin, a) pik potansiyelinin, b) pik akımının pH ile değişim grafiği ve tablosu

4.2.2 B6 Vitaminin Poli(Taurin)/GC elektrotta farklı pH'deki davranışı

Voltammetrik hücreye 10 mL 0,1 M Britton-Robinson (BR) tamponunun farklı pH'larda (2-12) çözeltileri eklenmiştir. Poli(Taurin)/GC elektrot çalışma elektrot kullanılarak destek voltammogramı alındıktan sonra artan derişimde B6 vitamini ilave edildi (Şekil 4.4). BR tampon ortamlarında B6'nın elektrokimyasal davranışı incelendiğinde B6 derişim ile pik akımlarındaki orantılı artışlar ve pik şeklinin keskinliği göz önüne alındığında pH 8 ve 10 da en iyi sonuçlar elde edilmiştir. B6 vitamini pH 6 BR ortamında yaklaşık 700 mV da pik halinde görülmektedir. B6 vitamini diğer pH'larda birden fazla pik şeklinde görülmektedir. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi 2×10^{-4} M B6 vitamini için pH'a karşı akım ve potansiyel değişimleri ve tablosu verilmiştir.



Şekil 4.4. BR tamponu farklı pH’larda poli(Taurin)/GC elektrotta B6 vitamininin artan derişimdeki diferansiyel puls voltammogramları

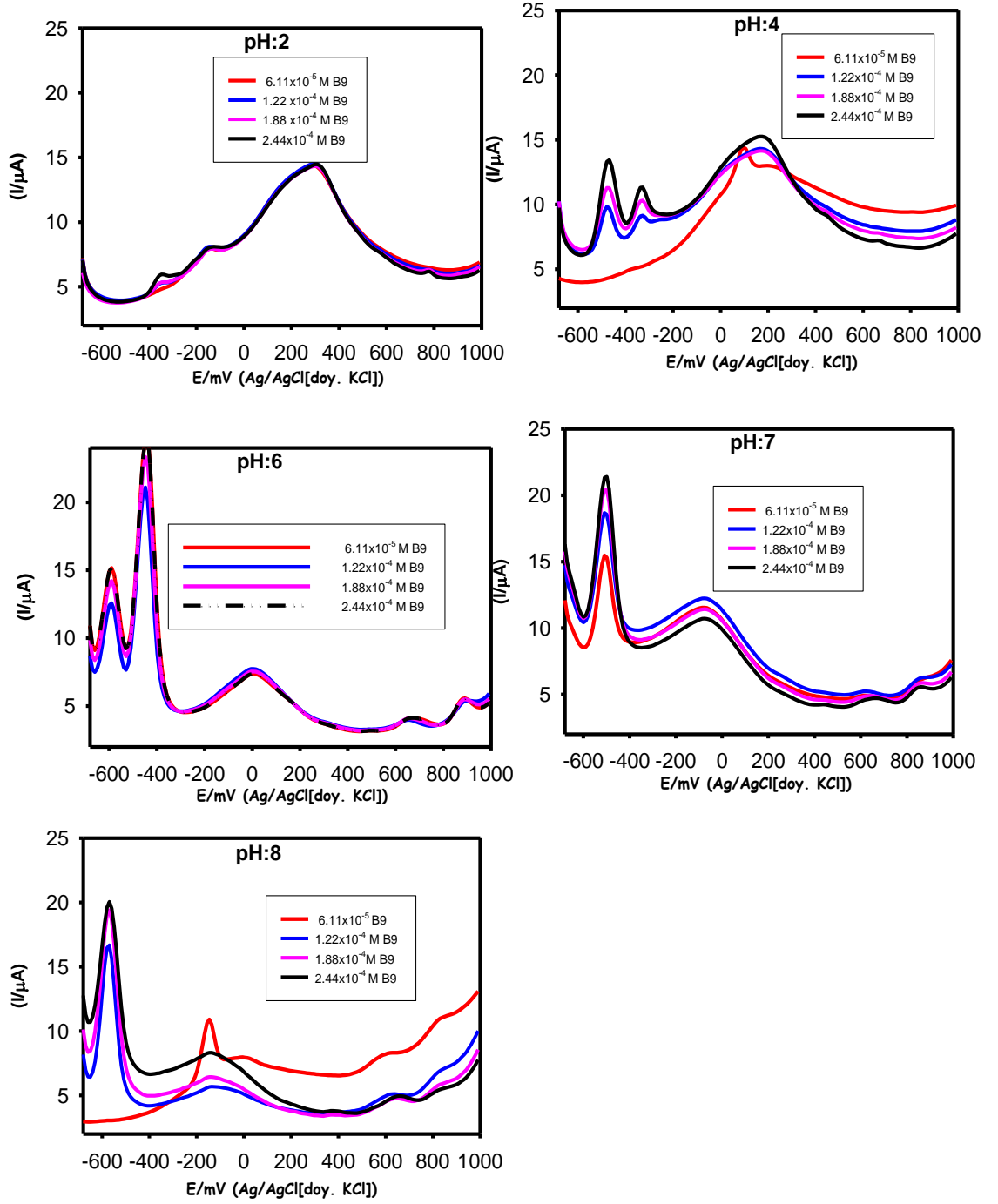


Şekil 4.5. poli(Taurin)/GC elektrotta B6 vitamininin, A) pik potansiyelinin, B) pik akımının pH ile değişim grafiği ve tablosu

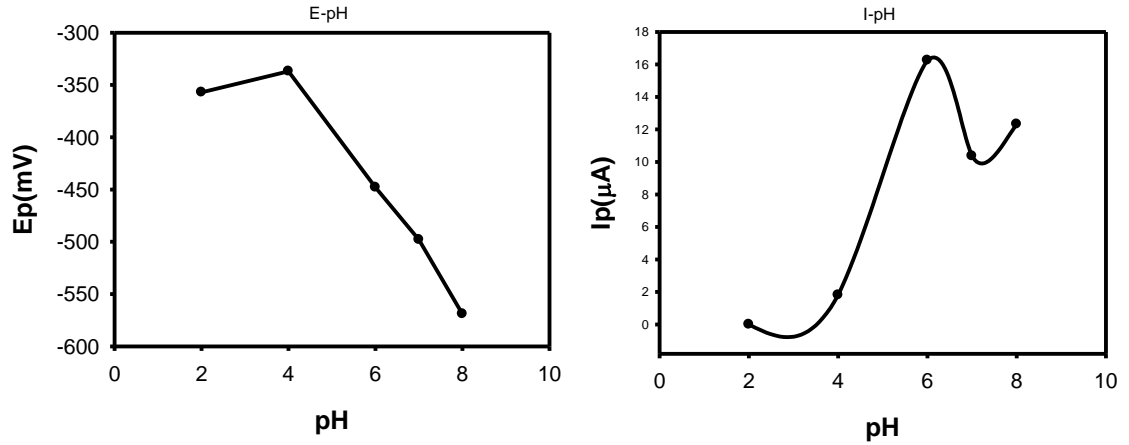
4.2.3 B9 Vitaminin Poli(Taurin)/GC elektrotta farklı pH'deki davranışı

10 mL 0,1 M BR tamponunun farklı pH'larda (2-12) çözeltileri voltammetrik hücreye eklendi. Poli(Taurin)/GC elektrotta destek voltammogram alındıktan sonra artan derişimlerde B9 vitamini ilave edildi (Şekil 4.6). BR tampon ortamlarında B9'un elektrokimyasal davranışı incelendiğinde pik akımlarındaki orantılı artışlar ve pik şeklinin keskinliği göz önüne alınarak en iyi pik akımı pH 7 olarak belirlendi. B9 vitamini pH 7 BR ortamında yaklaşık -500 mV da tek pik halinde görülmüştür.

B9 vitamini diğer pH'larda birden fazla pik şeklinde ve derişim artışları orantılı değildir. Şekil 4.7' de görüldüğü gibi 2×10^{-4} M B9 vitamini için pH'a karşı akım ve potansiyel değişimleri ve tablosu verilmiştir.



Şekil 4.6. BR tamponu farklı pH'larda poli(Taurin)/GC elektrotta B9 vitamininin artan derişimdeki diferansiyel puls voltammogramları



pH	Ep(mV)	Ip(mA)
2	-357	0
4	-337	1,8
6	-448	10,25
7	-498	13,36
8	-569	10,32
10	-	-
12	-	-

Şekil 4.7. Poli(Taurin)/GC elektrotta B9 vitamininin, A) pik potansiyelinin, B) pik akımının pH ile değişim grafiği ve tablosu

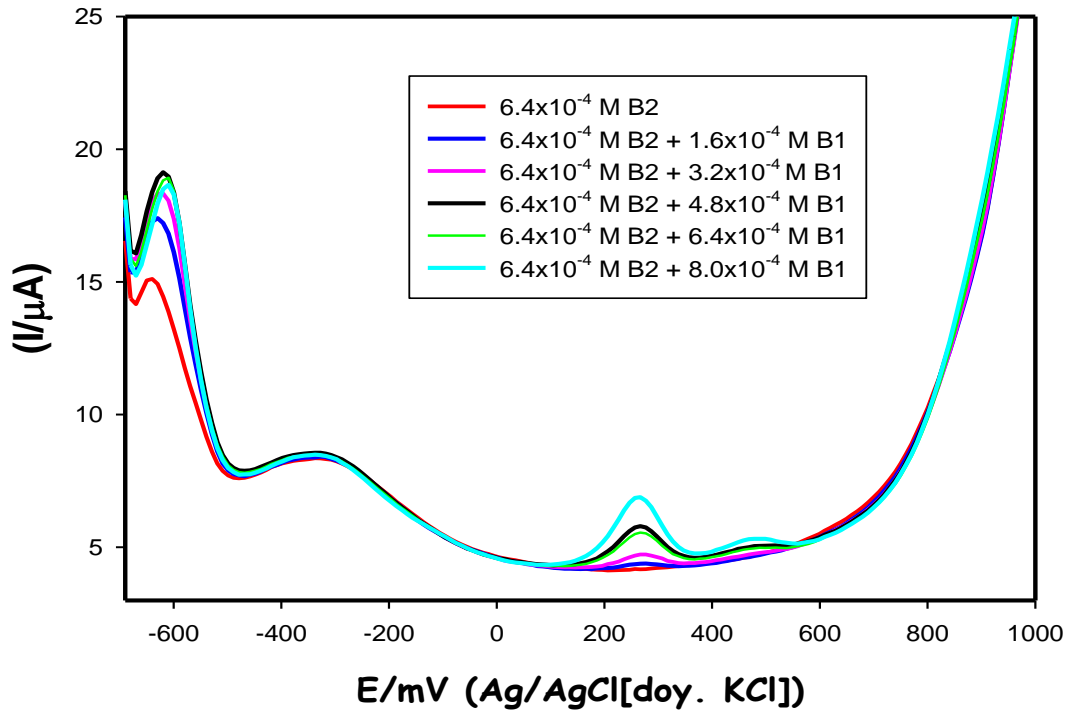
4.3 Poli(Taurin)/GC elektrotta ikili vitaminlerin davranışları

B2 derişimi sabit tutulup B1 derişimi arttırılarak voltammogramı pH 12 BR tamponu ortamında kare dalga voltammogramı kaydedildi (Şekil 4.8). B1 pik potansiyelinin 300mV da derişimle artan pik akımları gözlemlendi (Şekil 4.9). Benzer şekilde pH 8 BR tamponu ortamında B1 derişimi sabit tutulup B9 derişimi arttırılarak kare dalga voltammogramı alındığında, B9 vitamini -530mV da artan derişimi ile akımda artış meydana geldiği gözlemlendi. B1 vitamini +430mV kaydığı gözlemlenmiştir.

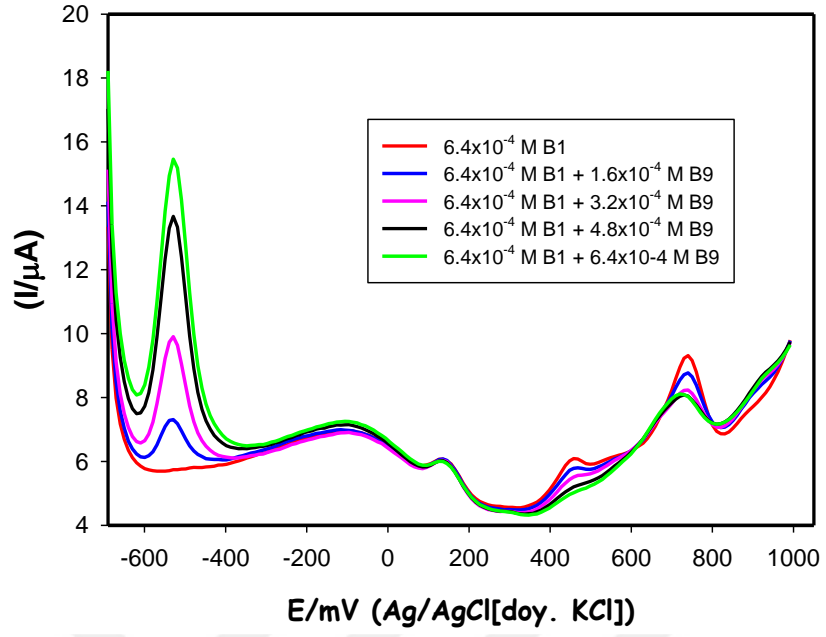
B6 derişimi sabit tutulup B2 derişimi arttırılarak kare dalga voltammogramı pH 6 BR tamponu ortamında kaydedildi (Şekil 4.10). B2 pik potansiyelinin yaklaşık -350mV da derişimle artan pik akımları gözlenmiştir. B6 pik akımlarında bir miktar azalma meydana geldiği gözlemlendi.

B6 derişimi sabit tutulup B9 derişimi arttırılarak kare dalga voltammogramı pH 6 BR tamponu ortamında kaydedilmiştir (Şekil 4.11). B9 pikinde ikilenme meydana gelmiştir. Birinci pik -550mV da ikinci pik -400mV da gözlenmiştir ve pik akımı derişimle orantılı artmıştır.

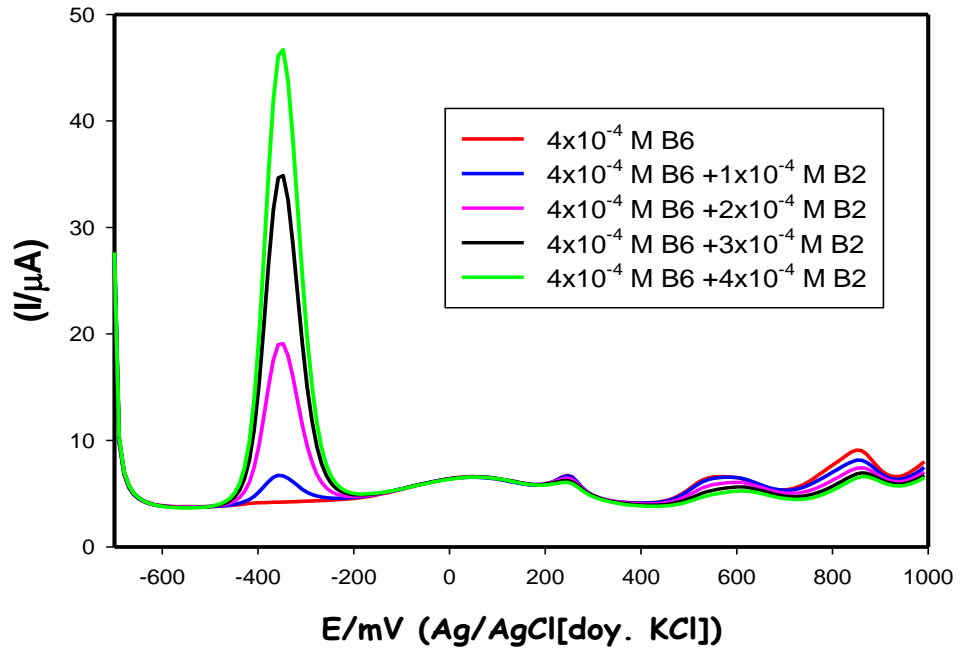
B9 derişimi sabit tutulup B6 derişimi arttırılarak kare dalga voltammogramı pH 6 BR tamponu ortamında kaydedilmiştir (Şekil 4.12). B6 pikinde gözle görünür bir artış gözlenmemiştir. B9 piklerin de yine ikilenme olmuştur.



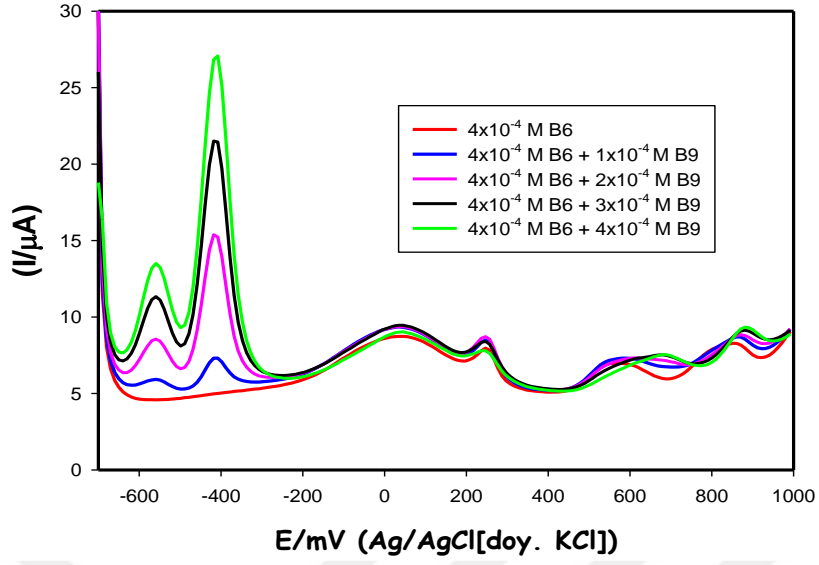
Şekil 4.8. poli(Taurin)/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda B2 sabit B1 artan derişimdeki vitamininin kare dalga voltammogramı



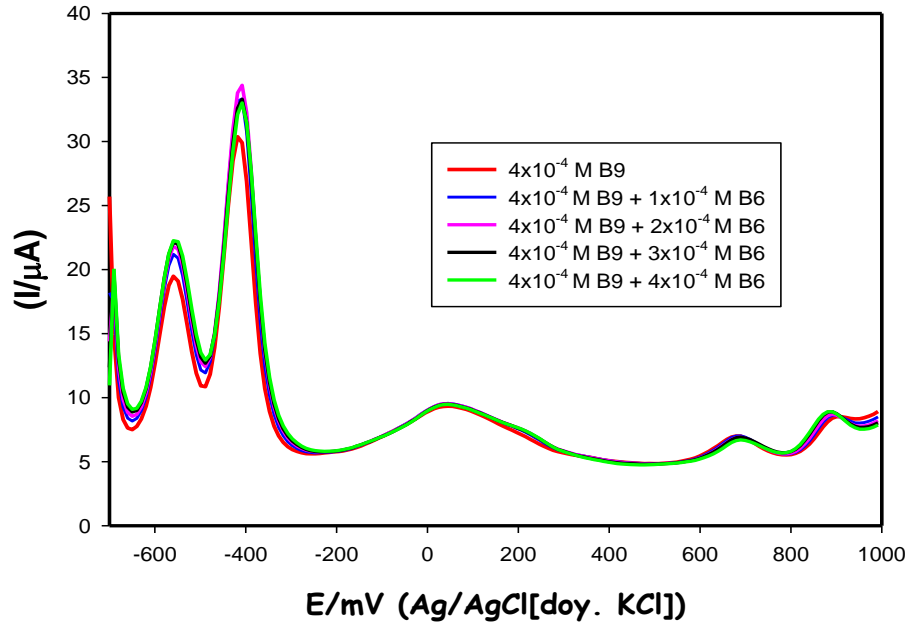
Şekil 4.9. poli(Taurin)/GC elektrotta pH 8 BR tamponunda B1 sabit B9 artan derişimdeki vitamininin kare dalga voltammogramı



Şekil 4.10. poli(Taurin)/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda B6 sabit B2 artan derişimdeki vitamini kare dalga voltammogramı



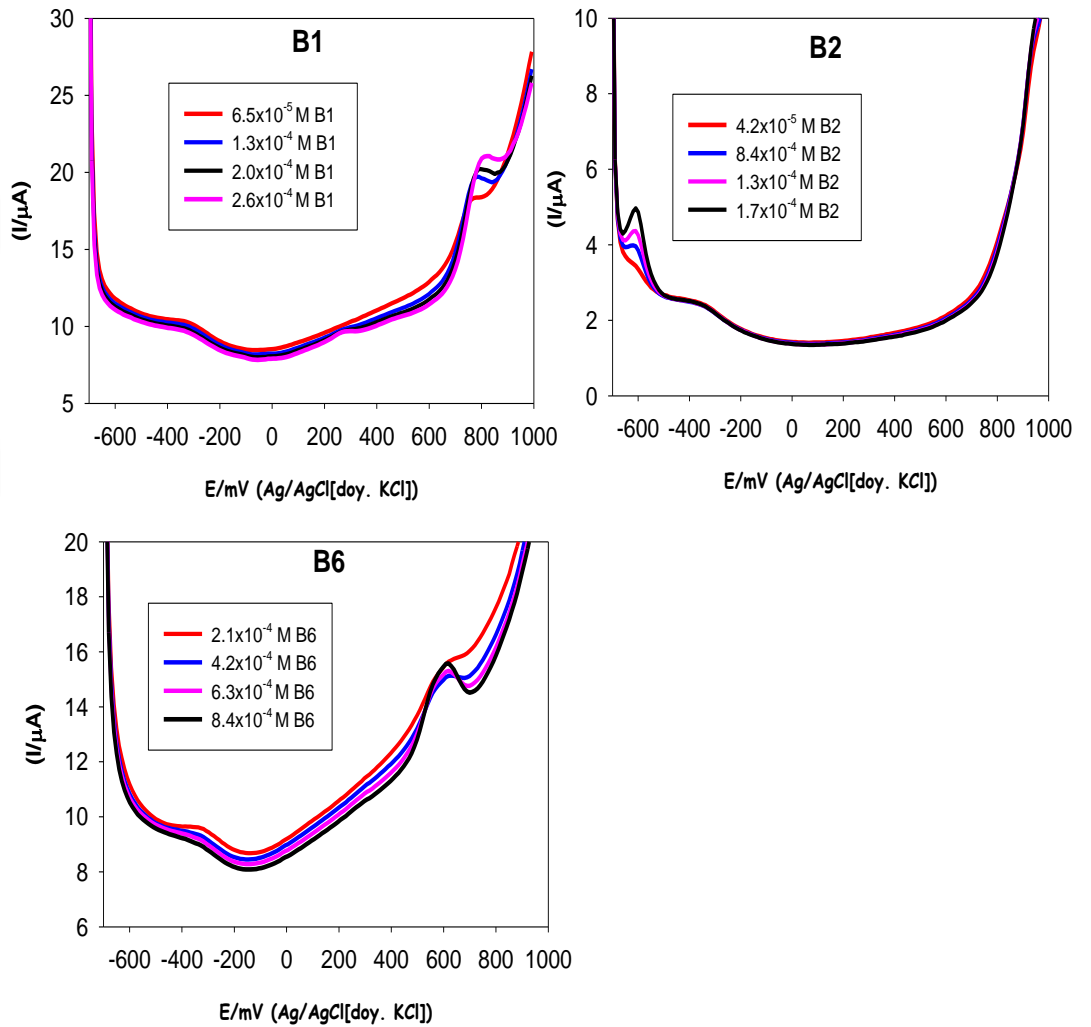
Şekil 4.11. poli(Taurin)/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda B6 sabit B9 artan derişimdeki vitamininin kare voltammogramı



Şekil 4.12. poli(Taurin)/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda B9 sabit B6 artan derişimdeki vitamininin kare dalga voltammogramı

4.4 CNT/GC elektrotta vitaminlerin elektrokimyasal davranışları

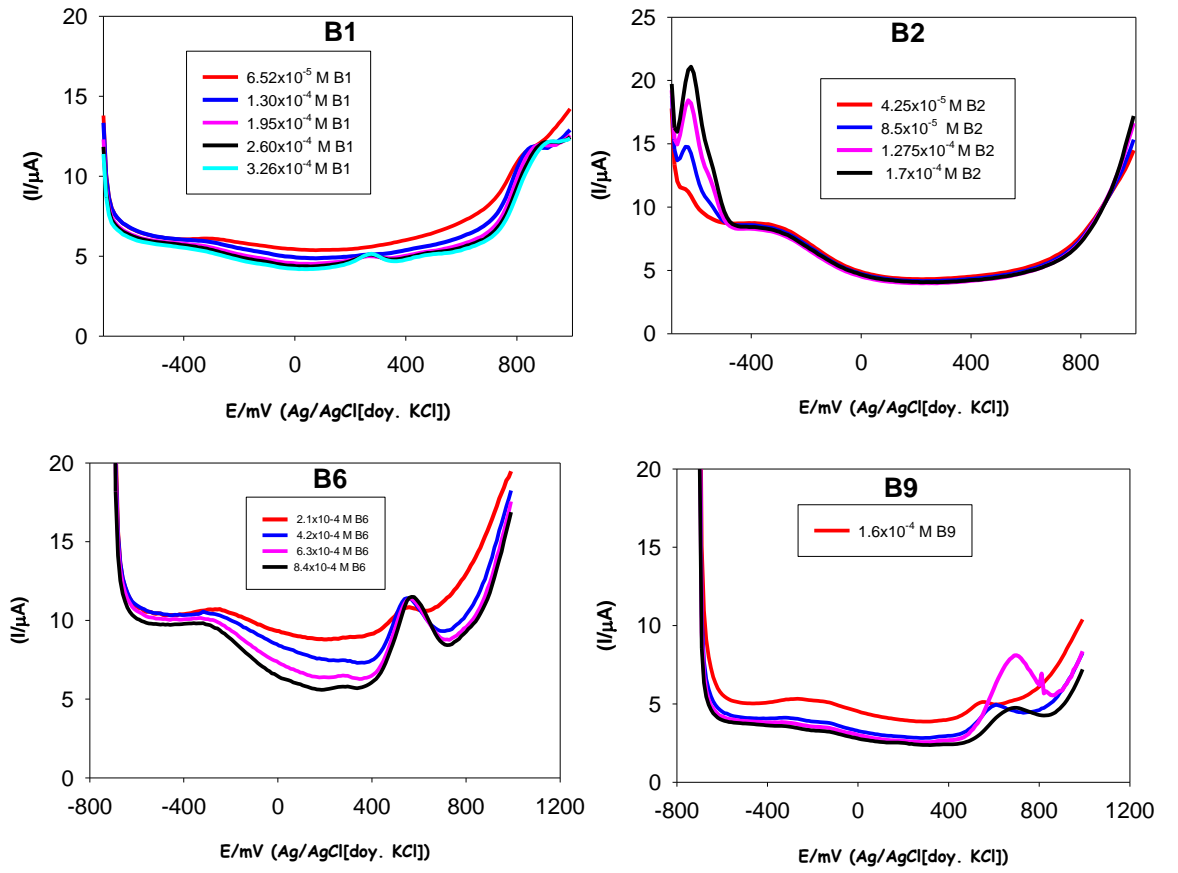
GCE yüzeyine CNT solüsyonundan damlatılıp IR ışık altında kurutulularak CNT/GC elektrot hazırlandı. pH 12 BR ortamında B1, B2 ve B9 vitaminlerinin diferansiyel puls voltammogramı kaydedildi(Şekil 4.13). B1 vitamininin yaklaşık +800mV da, B2 vitamininin yaklaşık -620mV da, B2 vitamininin yaklaşık -650mV da, B6 vitamininin yaklaşık +600mV da pikleri gözlenmiştir.



Şekil 4.13. CNT/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda tek tek B1, B6, B9 vitaminlerin diferansiyel puls voltammogramları

4.5 poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta vitaminlerin elektrokimyasal davranışları

CNT/GC elektrot yüzeyine 2 mM Taurin monomerinden 10 döngü döngüsel voltametri ile kaplandı ve poli(Taurin)/CNT/GC elektrot elde edildi. pH 12 BR ortamında B1, B2, B6 ve B9 vitaminlerinin diferansiyel puls voltammogramları kaydedildi(Şekil 4.13). B2 vitamininin yaklaşık -600mV da, pik artışı gözlenmiştir. Diğer vitaminlerde keskin pik artışı elde edilememiştir.

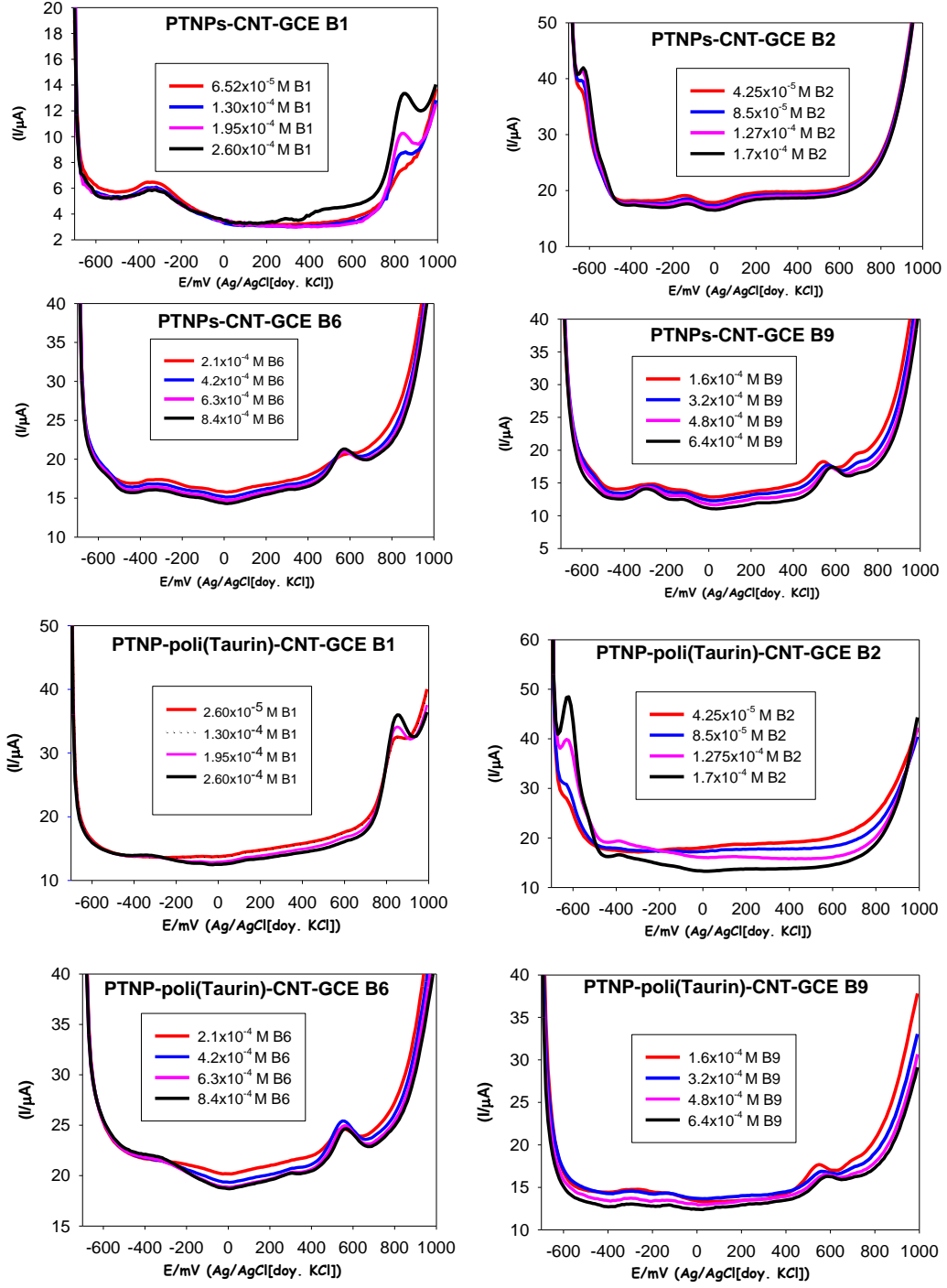


Şekil 4.14. poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda tek tek B1, B2, B6, B9 vitaminlerin diferansiyel puls voltammogramları

4.6 PtNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta vitaminlerin elektrokimyasal davranışları

Poli(Taurin)/CNT/GC elektrot yüzeyine 1mM Pt⁴⁺ çözeltisinden döngüsel voltammetri ile 10 döngü kaplanmış ve PtNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrot elde edildi. Bu elektrotlarda pH 12 BR Tamponunda B1, B2, B6 ve B9 vitaminlerinin Kare dalga voltammetri ile elektrokimyasal davranışları incelenmiştir(Şekil.4.15).

Şekil 4.15 de görüldüğü gibi Pt nanoparçacık modifiye CNT/GCE ve Pt nanoparçacık modifiye poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta B vitaminlerinin elektrokimyasal davranışı incelenmiştir. B1 ve B2 vitaminlerinin artan derişimine karşılık pik akımlarında artma gözlenirken B6, B9 vitaminleri için iyi bir pik gözlenememiştir.



Şekil 4.15. PtNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda tek tek B1, B2, B6, B9 vitaminlerin kare dalga voltamogramları

4.7 AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta vitaminlerin elektrokimyasal davranışları

poli(Taurin)/CNT/GC elektrot yüzeyine 1 mM Au³⁺ çözeltisinden döngüsel voltammetri ile 10 döngü kaplanmıştır ve AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrot elde edilmiştir. Sabit Au döngü sayısında değişen taurinin döngü sayısında (5, 10, 15, 20, 30, 40, 50) kaplama yapılarak B vitaminlerinin elektrokimyasal davranışına etkisi araştırılmıştır (Şekil 4.16).

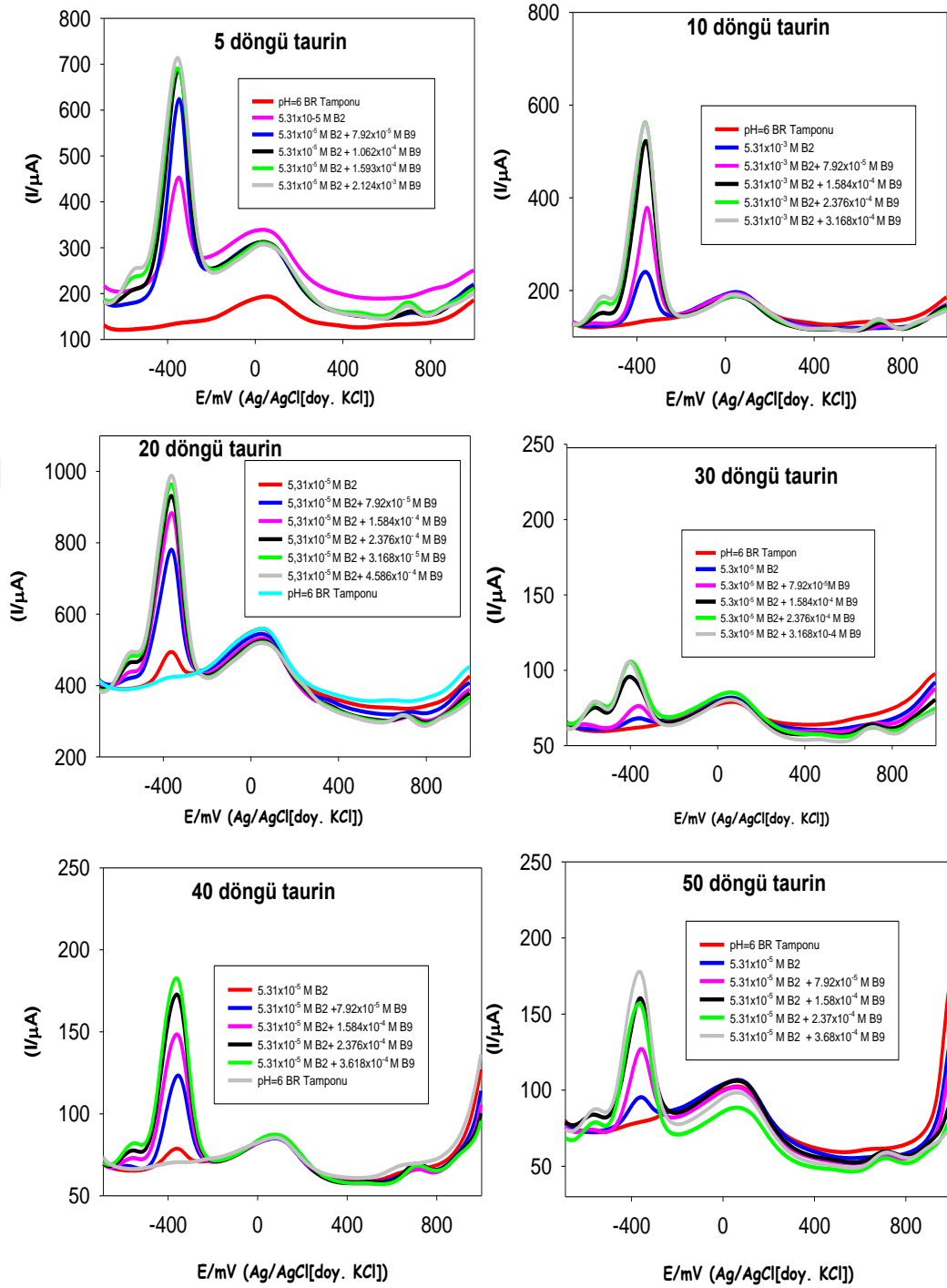
Sabit B2 derişiminde artan B9 vitaminleri ilave edildiğinde poli(taurin) döngü sayısının 20 olduğunda en yüksek pik akımına ulaşılmıştır. Polimerin 20 döngüden sonra pik akımlarında önemli derecede düşme görülmüştür.

Farklı döngü sayısındaki ikili vitaminlerin çözelti ortamına B1 ve B2 vitaminlerin eklenme sırası çalışılmıştır(Şekil 4.17). Sabit B2 derişiminde artan B1 vitaminleri ilave edildiğinde poli(Taurin) döngü sayısının 10 olduğunda en yüksek pik akımına ulaşılmıştır.

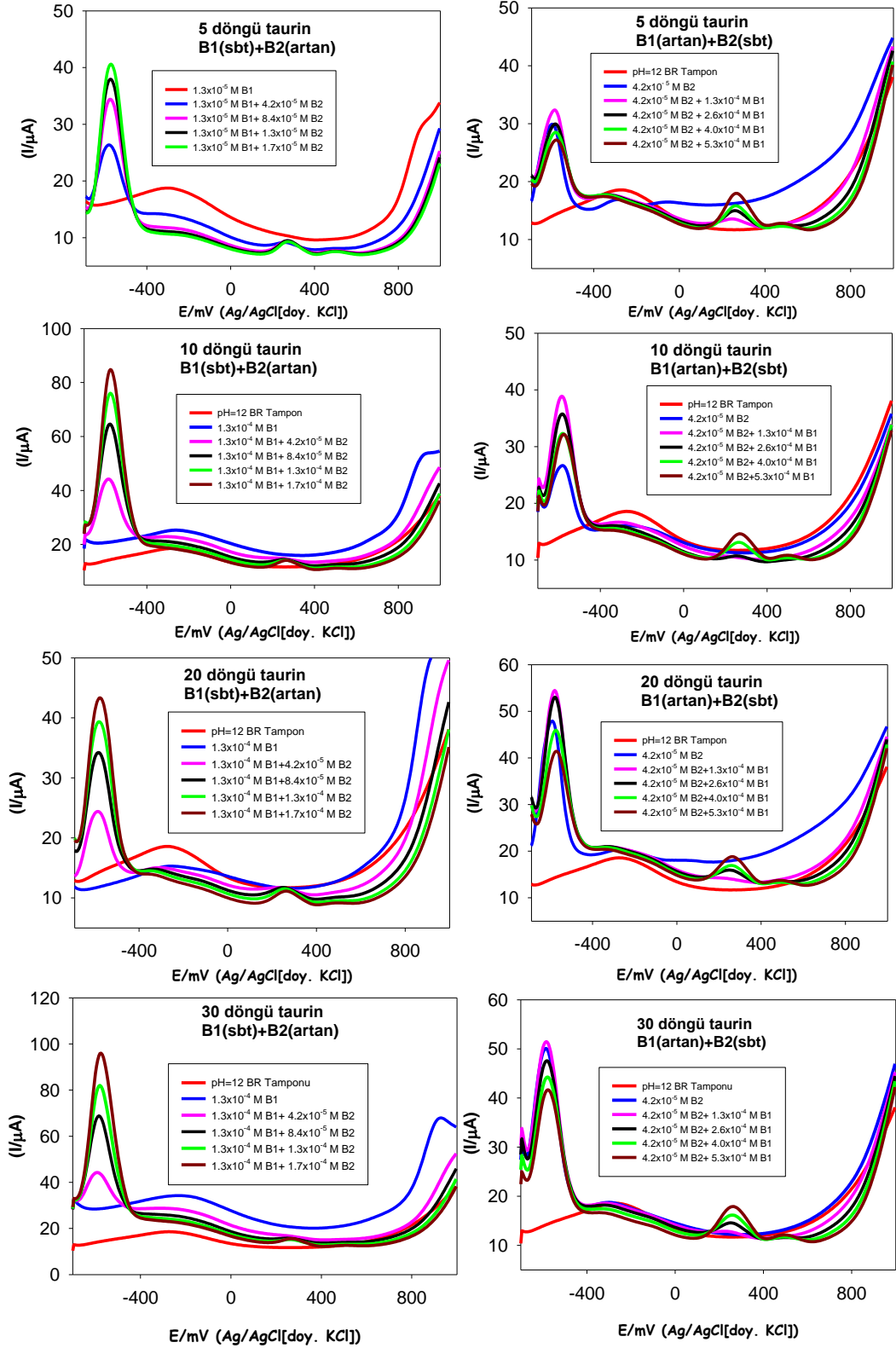
Şekil 4.18 de görüldüğü gibi, farklı döngü sayısındaki ikili vitaminlerin çözelti ortamına B9 ve B6 vitaminlerin eklenme sırası kare dalga voltammetri ile çalışılmıştır. Özellikle -500 mV civarındaki B9 vitamini ikilenmiş olarak pik gözlenirken polimer döngü sayısının bu ikilenmiş pik üzerine etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 4.19 da görüldüğü gibi, kare dalga voltammetrisi ile sabit B2 derişiminde artan B9 vitaminleri ilave edildiğinde poli(taurin) döngü sayısının 20 olana kadar pik akımının arttığı 20 den sonra önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir.

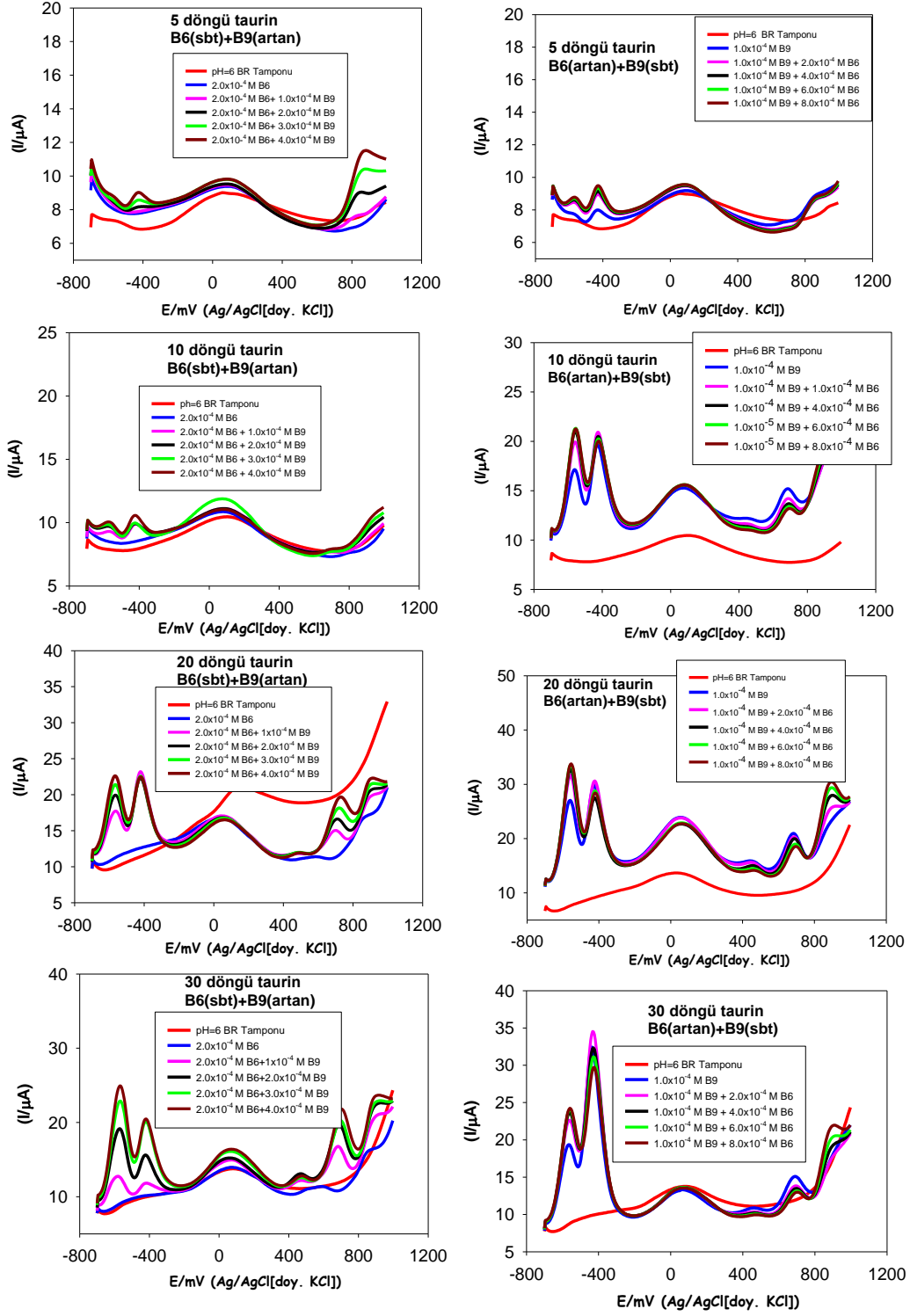
Şekil 4.20 de görüldüğü gibi, farklı döngü sayısındaki ikili vitaminlerin çözelti ortamına B6 ve B9 vitaminlerin eklenme sırası kare dalga voltammetri ile çalışılmıştır. Özellikle B9 vitamini ikilenmiş olarak pik gözlenirken polimer döngü sayısının bu ikilenmiş pik üzerine etkili olduğu anlaşılmaktadır B6 pikleri ise pozitif potansiyellerde gözlenmektedir.



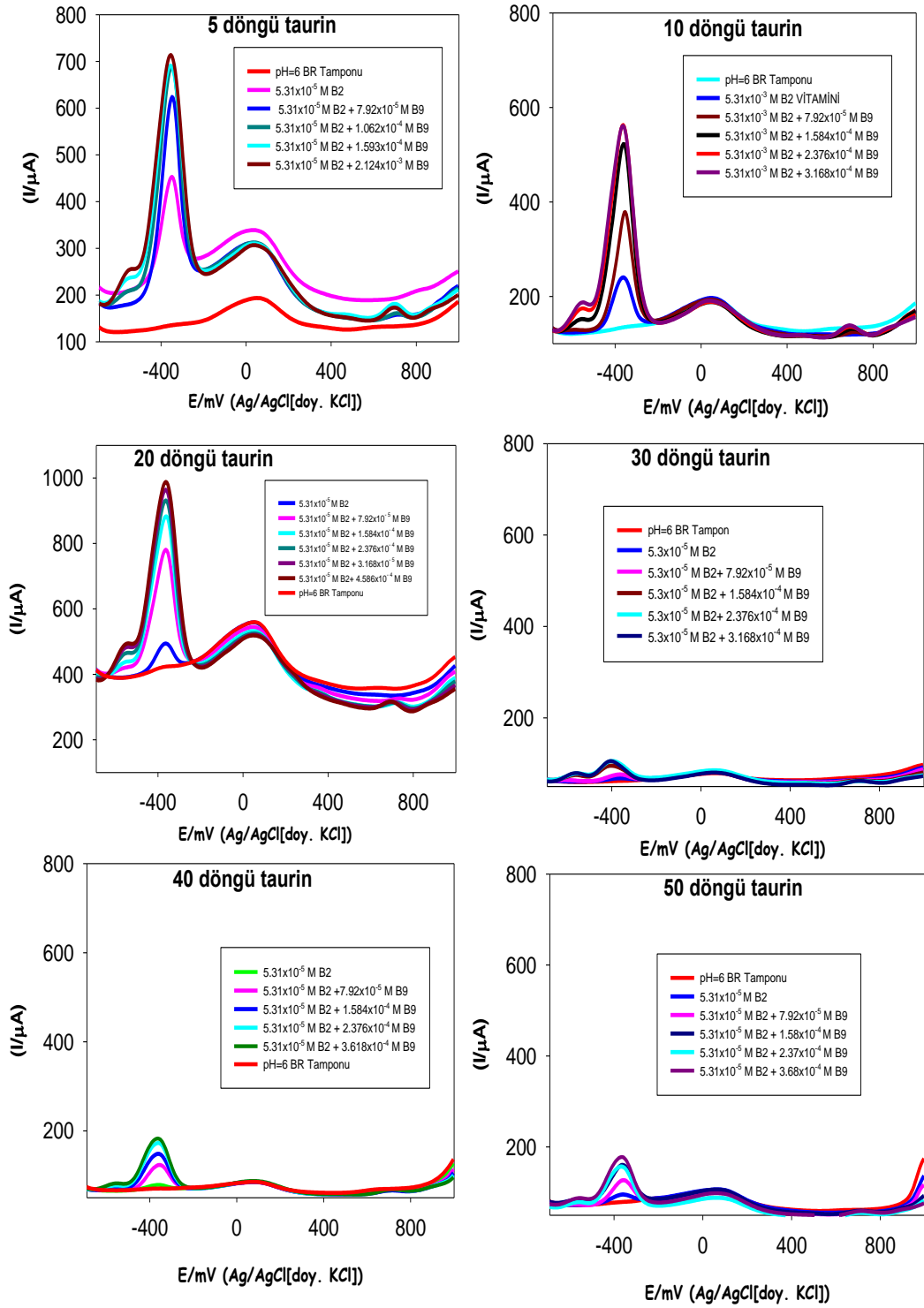
Şekil 4.16. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda sabit B2 ve artan B9 vitaminlerin kare dalga voltamogramları



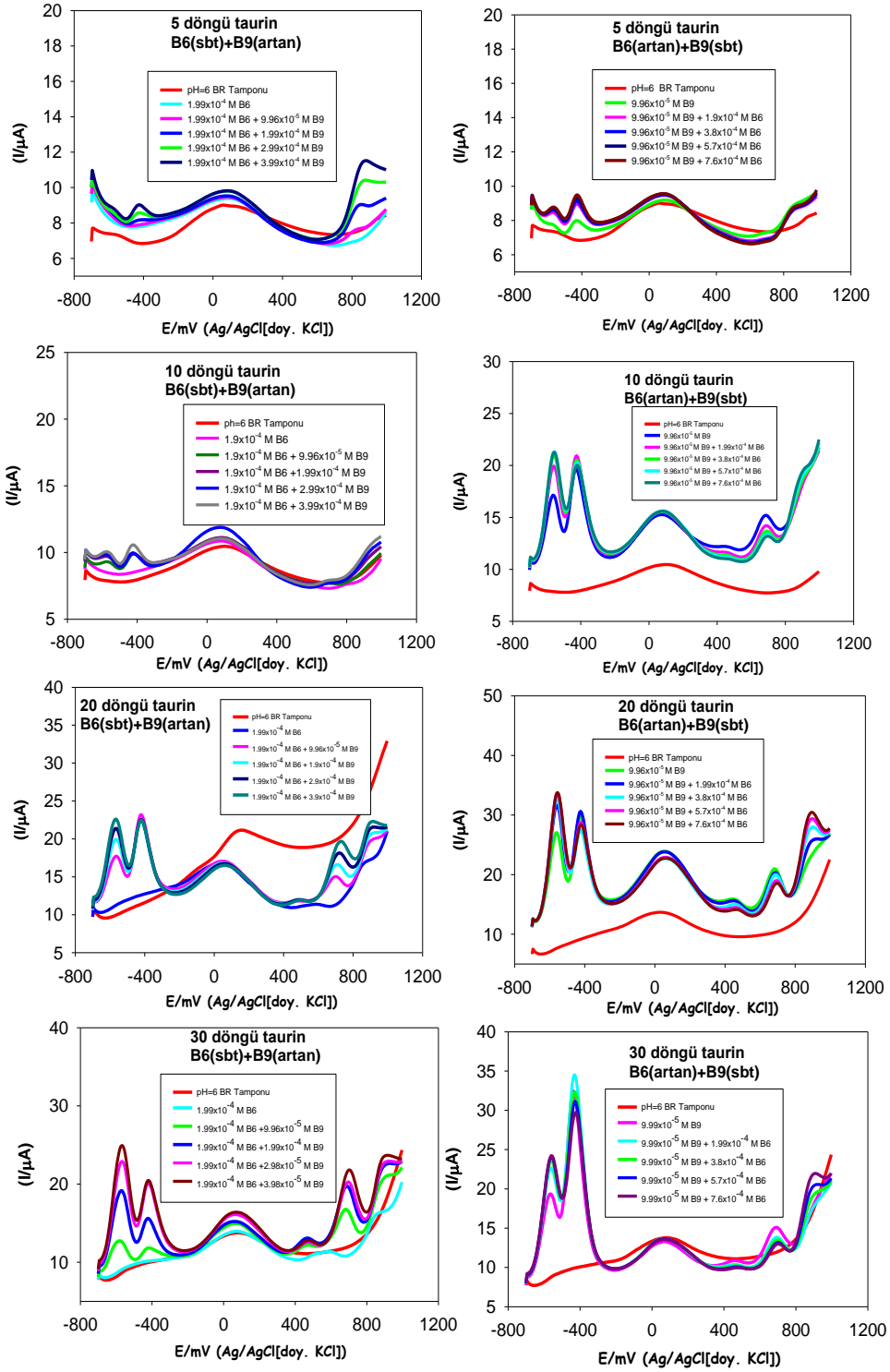
Şekil 4.17. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 12 BR tamponunda farklı döngü sayısındaki ikili vitaminlerin B1 ve B2 sırasına göre kare dalga voltamogramları



Şekil 4.18. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda farklı döngü sayısındaki ikili vitaminlerin B9 ve B6 sırasına göre kare dalga voltamogramları



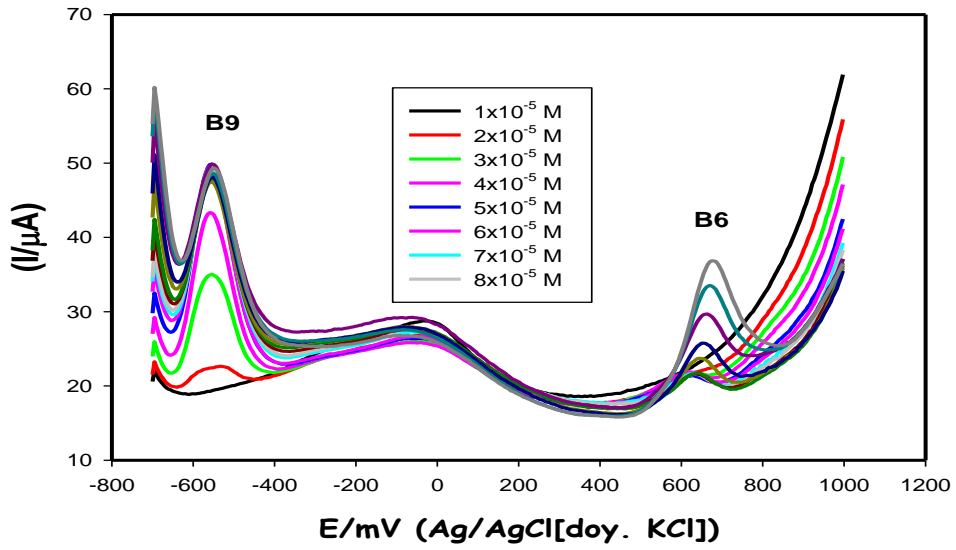
Şekil 4.19. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta farklı döngü sayıda kaplanan poli(taurin) için pH 6 BR tamponunda sabit B2 de artan B9 vitamini kare dalga voltammogramı



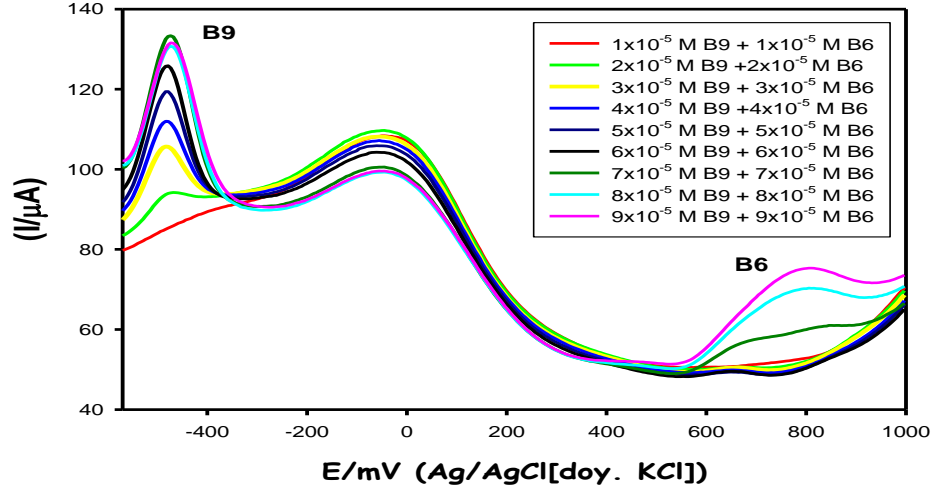
Şekil 4.20. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta farklı döngü sayıda kaplanan poli(taurin) için pH 6 BR tamponunda ikili vitaminlerin B6 ve B9 sırasına göre kare dalga voltamogramları

Şekil 4.21 de AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta 20 döngü polimer varlığında pH 8 BR tamponunda B9 ve B6 derişimleri aynı anda arttırılarak kare dalga voltammogramı alınmıştır. B9 vitamini -550 mV da B6 ise yaklaşık +700 mV da derişimle orantılı bir şekilde akımın arttığı gözlenmiştir.

Şekil 4.22 Aynı çalışma pH 7 de kare dalga voltametri ile tekrarlanmıştır. B9 vitamini -500 mV da B6 ise yaklaşık +750 mV da derişimle orantılı bir şekilde akımın arttığı gözlenmiştir.

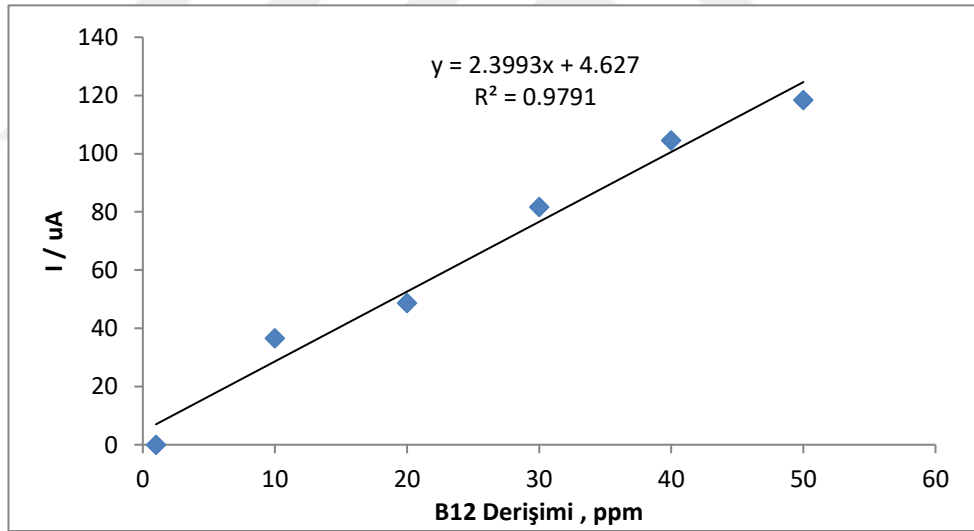
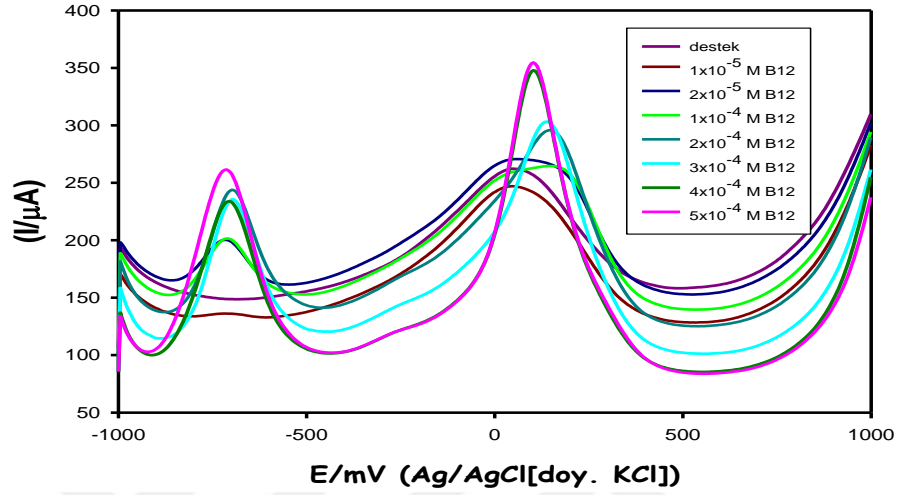


Şekil 4.21. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 8 BR tamponunda artan B6 ve B9 vitamini kare dalga voltammogramı

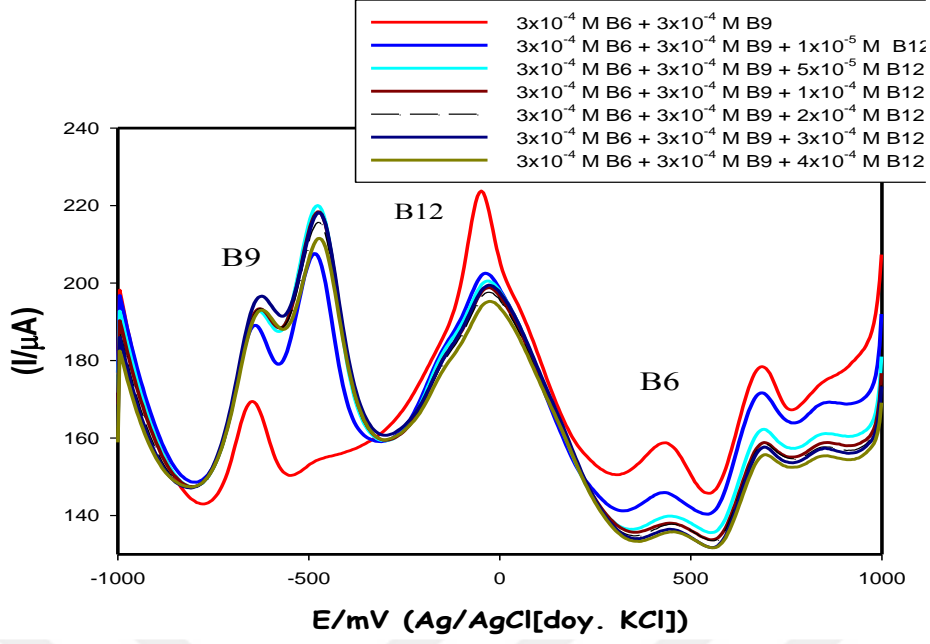


Şekil 4.22. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 7 BR tamponunda artan B6 ve B9 vitamini kare dalga voltammogramı

Şekil 4.23 de AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 7 BR tamponunda B12 vitamininin artan derişimlerdeki kare dalga voltammogramı alınmıştır. +100mV da artan bir pik gözlenmiştir. Şekil 4.24 de ise B9, B12 ve B6 vitaminlerinin yan yana kare dalga voltammogramı elde edilmiştir.

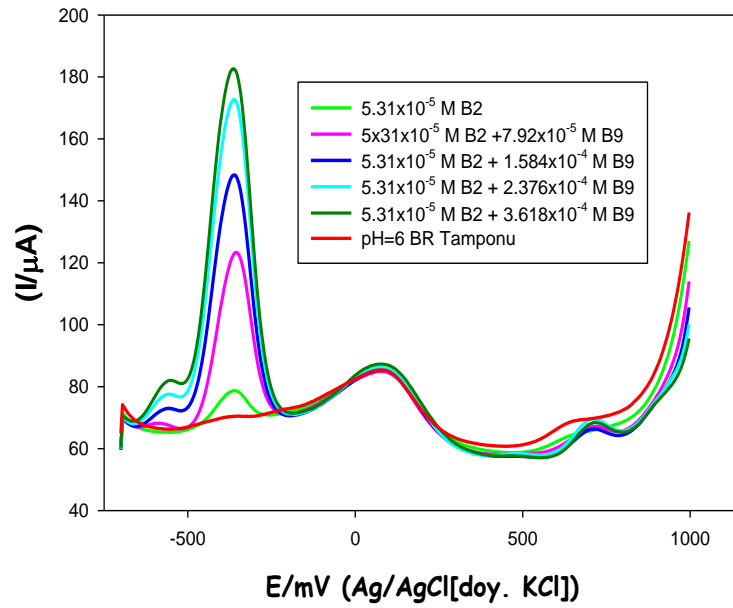


Şekil 4.23. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 7 BR tamponunda B12 vitamini kalibrasyonu



Şekil 4.24. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 7 BR tamponunda B6 ve B9 sabit B12 artan kare dalga voltammogramı

Şekil 4.25 de AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda sabit B2 de artan B9 vitamini kare dalga voltametri ile çalışıldı. B2 vitaminine B9 artış yönde etki ettiği gözlenmiştir.

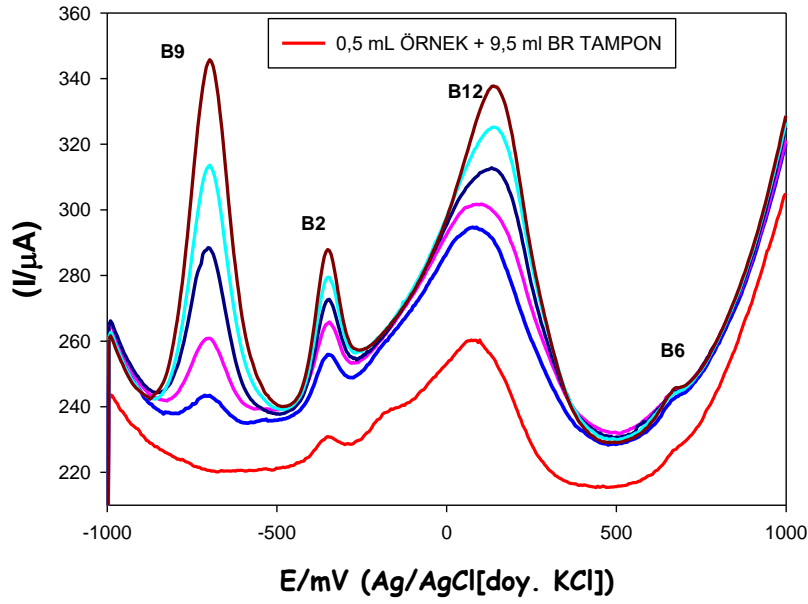


Şekil 4.25. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta pH 6 BR tamponunda sabit B2 de B9 artan kare dalga voltammogramı

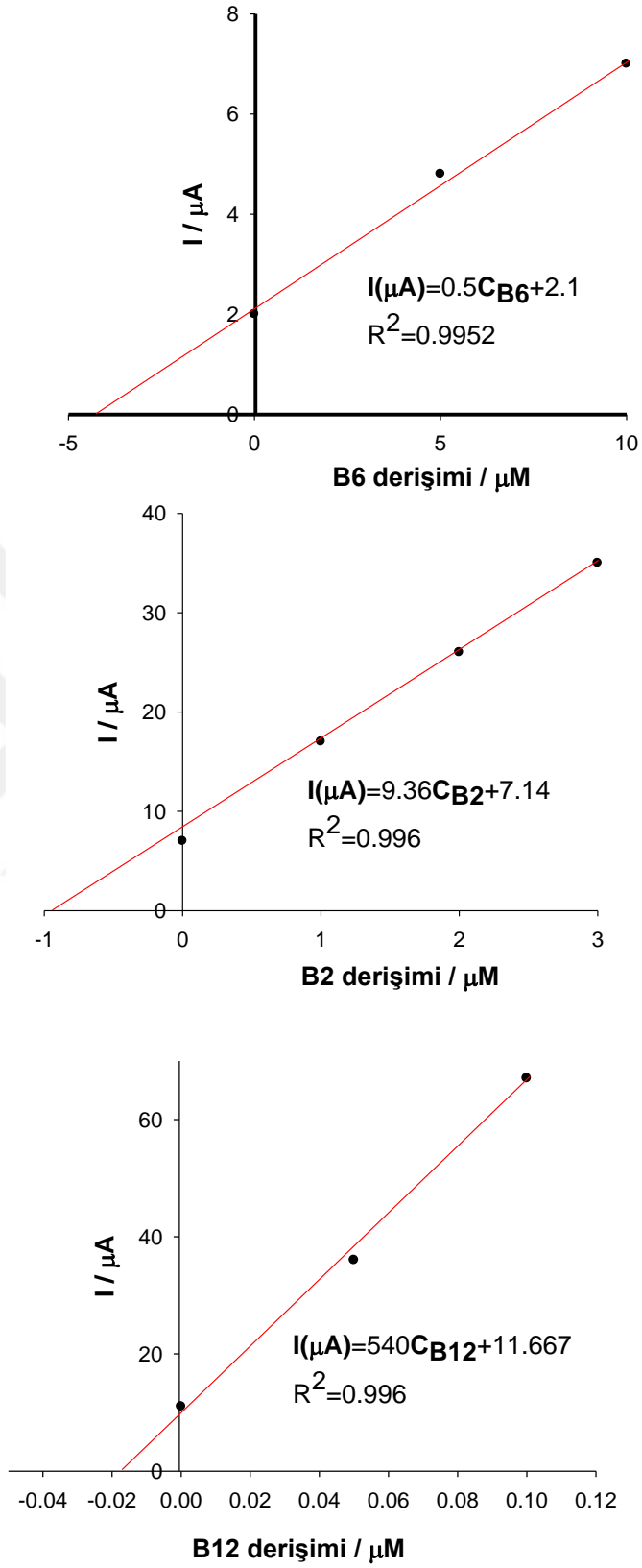
Örnek analizi

Hazırlanan AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrot yüzeylerinde B vitaminlerin tayini için gerçek örneklere uygulama yapıldı. Bunun için çeşitli marka enerji içecekleri örnek olarak seçildi. Bu örneklerden 0,5 mL alınıp 9,5 mL BR tamponuna voltammetrik hücre içine ilave edildi (Şekil 4.26 ve 4.28). Daha sonra üzerine B vitamini standartlarından artan derişimde katımlar yapıldı (Şekil 4.27). Bu standart katma yöntemi ile örnekteki B vitaminlerin miktarı belirlendi. Bu analiz sonuçları enerji içeceklerinin üzerindeki B vitamini miktarları ile karşılaştırıldı (Tablo 4.1).

Enerji İçecek-1

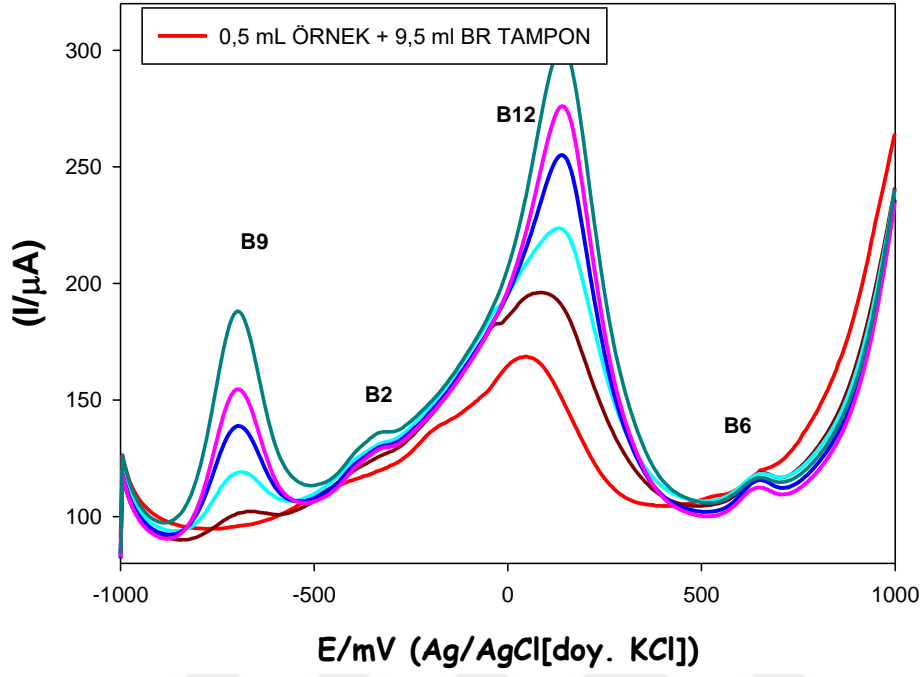


Şekil 4.26. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta Enerji içeceği örnek-1 analizi ve standart katma grafiği.



Şekil 4.27. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta Enerji içeceği örnek-1 analizinin standart katma grafiği.

Enerji İçecek-2



Şekil 4.28. AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrotta Enerji içeceği örnek-2 analizi

Tablo 4.1. Enerji içeceğindeki vitamin miktarının önerilen yöntem sonucu ile karşılaştırılması

Vitamin	Enerji içeceği vitamin miktarı (100 mL'de)	Önerilen yöntemle bulunan sonuç
B2	0,6 (mg) (1.59×10^{-5} M)	1.52×10^{-5} M
B6	2 (mg) (1.18×10^{-4} M)	8.4×10^{-5} M
B12	2 (μg) (1.47×10^{-8} M)	2.1×10^{-8} M
B9	-	-

5. SONUÇ VE YORUM

Bu çalışmada, camımsı karbon elektrot (GCE) ve çok duvarlı karbon nanotüp (CNT) yüzeyi döngüsel voltammetri ile poli(taurin) film oluşturulmuş ve bu yüzeylerde B vitaminlerinin tekli ve yan yana tayinleri diferansiyel puls ve kare dalga voltammetri ile çalışılmıştır. Ayrıca bu polimer yüzeylerine Au ve Pt nano parçacıklar elektrokimyasal olarak modifiye edilmiş ve B vitamini tayinine etkisi araştırılmıştır.

Poli(taurin) film, Au ve Pt nanoparçacıkların GCE elektrot yüzeyindeki oluşumu SEM-EDX ve AFM ile karakterize edilmiştir. Taurin polimeri üzerine elektrokimyasal yolla modifiye edilen Au nano parçacıkların yüzey görüntüleri elektrot yüzeyine çeşitli büyütme oranlarında yaklaşılarak SEM ile alındı. 3 mM HAuCl₄ çözeltisinden 100 mV/s tarama hızıyla döngüsel voltammetri ile kaplanan AuNP/Poli(taurin)/GC elektrotta Au nano parçacıkların boyutları 20-90 nm, Pt nanoparçacıkların boyutları ise 10-50 nm aralığında elde edildi. Au ve Pt nanoparçacıklar yüzeyde homojen dağılım sergilemiştir (Şekil 3.9). EDX analizi ile yüzeyde bulunan metal kompozisyonu belirlendi. EDX spektrumundan Au ve Pt nanoparçacıkların varlığını açıkça görülmektedir (Şekil 3.10).

Elde edilen deneysel sonuçlar göstermiştir ki, Au metal nanoparçacıklı modifiye elektrot Pt nanoparçacıklıya göre B vitaminlerinin yan yana tayini için daha uygun bir yüzeydir. Çünkü B vitaminlerinin pik akımlarının artmasında Au nanoparçacıkların daha iyi bir elektrokatalitik etki göstermiştir. Poli(taurin), Au ve Pt nanoparçacıkların ITO yüzeyindeki modifikasyonu AFM analizi incelendi ve yüzeye homojen olarak dağıldığı gözlemlendi (Şekil 3.5). Bu AFM sonuçları SEM analizleri ile uyumludur.

Poli(taurin)/GCE elektrotta pH 12 BR ortamında B2 derişimi sabit tutulup B1 derişimi arttırılarak diferansiyel puls voltammogram alındığında B1'in pik potansiyelinin +300mV'da olduğu tespit edildi. Benzer şekilde pH 8 BR ortamında B1 derişimi sabit tutulup B9 derişimi arttırıldığında, B9 vitamininin -530mV'da piki meydana geldi. B1 vitamininin ise +430 mV'a kaydığı gözlemlendi. Voltammogramda B

vitamini piklerinin yerini tespit edilirken derişim artışlarının aynı potansiyelde olmasına dikkat edildi.

pH 6 BR ortamında B6 derişimi sabit tutulup B2 derişimi arttırıldığında B2 pik potansiyelinin yaklaşık -350mV'da derişimle artan pik akımları gözlendi. B6 pik akımlarında ise bir miktar azalma meydana geldi. Buradan B2 vitamini tayini B6 tayinini etkileyebileceği sonucu çıkmaktadır. Diğer yandan aynı pH da B6 derişimi sabit tutulup B9 derişimi arttırılırsa, B9 pikinde ikilenme meydana geldi. Birinci pik -550mV da ikinci pik -400mV da gözlendi ve pik akımı derişimle orantılı artmıştır. (Şekil 4.11). B9 derişimi sabit tutulup B6 derişimi arttırılacak olursa, B6 pikinde gözle görünür bir artış gözlenmedi. B9 piklerinde yine ikilenme oldu (Şekil 4.12).

0,1 M Britton-Robinson (BR) ortamında B vitaminlerinin voltammetrik davranışı pH (2-12) aralığında diferansiyel puls voltammetri ile çalışıldı. B6'nın pik şekli ve keskinliği göz önüne alındığında pH 6 da yaklaşık 700 mV da tek pik halinde görülmektedir. B6 vitamini diğer pH'larda birden fazla pik şeklinde görülmektedir.

B9 için pH çalışması yapıldığında optimum pH 7 olarak belirlenmiştir. B9 vitamini, pH 7 BR ortamında yaklaşık -500 mV da tek pik halinde görülmektedir. B9 vitamini diğer pH'larda birden fazla pik şeklinde olduğu ve derişim artışlarının orantılı olmadığı gözlemlenmiştir.

B2 vitamini için pH çalışmaları yapıldığında pH 6 nın optimum olduğu belirlenmiştir. B2 vitamini yaklaşık -387 mV da tek pik halinde görülmektedir.

Bu verilerin ışığında ikili vitamin tayinler çalışılmıştır. B2 derişimi sabit tutulup B1 derişimi arttırılarak pH 12 BR ortamında kare dalga voltammogramları kaydedilmiştir. B1 (pik potansiyeli 300 mV) vitamini için derişimle doğrusal artan pik akımları gözlenmiştir. Benzer şekilde, pH:8 BR ortamında B1 derişimi sabit tutulup B9 derişimi arttırılarak kare dalga voltammogramı alındığında, B9 vitamini (-530mV) için derişimi ile doğrusal artan akım değerleri gözlemlenmiştir. B1 vitamininin +430 mV kaydığı gözlenmiştir.

B6 derişimi sabit tutulduğu koşullarda, B2 derişim artışına ilişkin kare dalga voltammogramlar pH 6 BR ortamında kaydedilmiştir. B2 pik vitamini (-350mV) için derişimle ile doğrusal artan pik akımları gözlenmiştir. B6 pik akımlarında ise bir miktar azalma meydana gelmiştir.

B6 derişimi sabit tutulduğu koşullarda, B9 derişimi arttırılarak pH 6 BR ortamında kare dalga voltammogramlar kaydedilmiştir. B9 pikinde ikilenme gözlemlenmiştir. Birinci pik -550mV da ikinci pik -400mV da gözlenmiş ve yine pik akımının derişimle orantılı arttığı görülmüştür. B9 derişimi sabit tutulup B6 derişimi arttırıldığında ise, B6 pikinde gözle görünür bir artış gözlenmemiştir. B9 pikleride yine ikilenme olmuştur.

Poli(Taurin)/CNT/GC elektrot, 1 mM Au³⁺ çözeltisi içerisinde daldırılarak ardışık döngüsel voltammogramlar yardımıyla yüzeyde Au nanoparçacıklar oluşturulmuştur (AuNP/poli(Taurin)/CNT/GCE). Taurinin polimerizasyon döngü sayılarının (5, 10, 15, 20, 30, 40, 50) B vitaminlerinin elektrokimyasal davranışına olan etkisi Au döngü sayısı sabit tutularak kare dalga voltammetrisi ile incelenmiştir. B vitaminlerinin pik akım yüksekliği ve pik potansiyel ayrımları dikkate alındığında en iyi döngü sayısı olarak 20 döngü seçilmiştir.

Poli(Taurin)/CNT/GC elektrot, 1 mM Pt⁴⁺ çözeltisine daldırılmış ve ardışık döngüsel voltammogramlar alınarak yüzeyde Pt nanoparçacıklar oluşturulmuştur (PtNP/poli(Taurin)/CNT/GCE). B vitaminlerinin pik akım yüksekliği ve pik potansiyel ayrımları dikkate alındığında platin döngü sayısı 15 olarak seçilmiştir. Hazırlanan elektrotlar ile B1, B2, B6 ve B9 vitaminlerinin elektrokimyasal davranışları kare dalga voltammetrisi ile incelenmiştir (pH 12 BR tamponu).

B vitaminlerinin yan yana tayinlerinde AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC ve PtNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrot karşılaştırılmış ve en iyi B vitamini ayırımı Au nanoparçacık kaplanmış elektrotta (AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC) elde edilmiştir. Hazırlanan bu AuNP/poli(Taurin)/CNT/GC elektrot yüzeylerinde B vitaminlerin tayini için gerçek örneklere uygulama yapılmıştır. Gerçek örneklerde B2, B12, B6 vitaminlerinin olduğu yan yana tespit edilmiştir. Bu sonuçların enerji içecekleri üzerindeki B vitamini değerleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Kalaycıoğlu, L., Serpek, B., Nizamlıoğlu, M., Başpınar, N., Tiftik, M., Biyokimya. Nobel Yayınları, Ankara, T¼rkiye, 2013, 251-303.
- [2] Viñas, P., Erroz, C., Balsalobre, N., Córdoba, M. Reversed-phase liquid chromatography on an amide stationary phase for the determination of the B group vitamins in baby foods . J.Chromatogr. 2003, 1007(1, 2), 77–84.
- [3] Çelik, M., Barkut, K., Öncel, Ç., Forta H. Involuntary movements associated with vitamin B12 deficiency. Parkinsonism Relat Disord. 2003, 10(1), 55–57.
- [4] Ötleş, S. Methods of Analysis of Food Components and Additives - Chemical and Functional Properties of Food Components Series. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 2005, 8(4), 463.
- [5] Amıdzıć, R., Brborıć, J., Cudına, O., Vladımırov S. RP-HPLC determination of vitamins B1, B3, B6, folic acid and B12 in multivitamin tablets. Journal of the Serbian Chemical Society. 2005, 70(10), 1229-1235.
- [6] Hung, H., Joshipura, K., Jiang, R. Fruit and Vegetable Intake and Risk of Major Chronic Disease. Journal of the National Cancer Institute. 2004, 96(21), 1577-1584.
- [7] Adenier , A., Combellas , C., Kanoufi , F., Pinson , J., Podvorica , F. Formation of Polyphenylene Films on Metal Electrodes by Electrochemical Reduction of Benzenediazonium Salts. Chem. Mater. 2006, 18, 2021–2029.
- [8] Kennedy, D., Veasey, R., Watson, A., Dodd, F., Jones, E., Maggini, S., Haskell, C. Effects of high-dose B vitamin complex with vitamin C and minerals on subjective mood and performance in healthy males. Psychopharmacology. 2010, 211(1), 55–68.
- [9] Huxtable, R. Physiological actions of taurine. Physiological Reviews Published. 1992, 72(1), 101-163.
- [10] Koçak, Ç.Ç., Altın, A., Aşlışen, B., Koçak, S. Electrochemical Preparation and Characterization of Gold and Platinum Nanoparticles Modified Poly(taurine) Film Electrode and Its Application to Hydrazine Determination. Int. J. Electrochem. Sci. 2016, 196, 233 – 249.
- [11] Yıldız, A., Genç, Ö. Enstr¼mantal analiz. Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 1993.
- [12] Arıcı, M. Electrochemical and spectroelectrochemical characterization of newly synthesized manganese, cobalt, iron and copper phthalocyanines. Electrochimica Acta 87. 2013, 554-566.

- [13] Karaman, M. Cyber Operation Planning and Operational Design. *Cyber-Security and Digital Forensics*. 2016, 2(5), 21.
- [14] A, Sidra. Disposable screen printed graphite electrode for the direct electrochemical determination of ibuprofen in surface water. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 2014, 1, 8-13.
- [15] Tao, H. Meta-analysis of B vitamin supplementation on plasma homocysteine, cardiovascular and all-cause mortality. *Clinical Nutrition*. 2012, 31(4), 448-454.
- [16] Meyyapan, M. *Carbon Nanotubes: Science and Applications*. CRC Press LLC, Boca Raton. 2005, 6, 3-7.
- [17] Iijima, S. Carbon Nanotubes: past, present and future. *Physica B*. 2002, 323, 1–5.
- [18] Dizgea, N., Aydinera, C., Derya, Y., Bayramoğlu, M., Tanrisevenc, A., Keskinlera, B. Biodiesel production from sunflower, soybean, and waste cooking oils by transesterification using lipase immobilized onto a novel microporous polymer. *Bioresour Technol*. 2009, 100(6), 1983–1991.
- [19] Nezamzadeh-Ejhih, A., Pouladsaz, P. Voltammetric determination of riboflavin based on electrocatalytic oxidation at zeolite-modified carbon paste electrodes. *J. Industrial Engin. Chemistry*. 2014, 20, 2146–2152.
- [20] Vaze, V.D., Srivastava, A.K. Electrochemical behavior of folic acid at calixarene based chemically modified electrodes and its determination by adsorptive stripping voltammetry, *Electrochim. Acta*, 2007, 1713–1721.
- [21] Ananthi, A., Kumar, S.S., Phani, K. L. Facile one-step direct electrodeposition of bismuth nanowires on glassy carbon electrode for selective determination of folic acid. *Electrochim. Acta*. 2015, 53, 584–590.
- [22] Kalimuthu, P., John, S.A. Selective electrochemical sensor for folic acid at physiological pH using ultrathin electropolymerized film of functionalized thiadiazole modified glassy carbon electrode, *Biosens. Bioelectronics*. 2009, 24(12), 3575–3580.
- [23] Wei, S., Zhao, F., Xu, Z., Zeng, B. Voltammetric determination of folic acid with a multi-walled carbon nanotubes modified gold electrode. *Microchim. Acta*. 2006, 152, 285.
- [24] Manoj, D., Kumar, D.R., Santhanalakshmi, J. Impact of CuO nanoleaves on MWCNTs/GCE nanocomposite film modified electrode for the electrochemical oxidation of folic acid. *Appl. Nanoscience*. 2012, 2(3), 223-230.
- [25] Wu, S.-H., Sun, J.-J., Lin, Z.-B., Wu, A.-H., Zeng, Y.-M., Guo, L., Zhang, D.-F., Dai, H.-M., Chen, G.-N. Adsorptive Stripping Analysis of Riboflavin at Electrically Heated Graphite Cylindrical Electrodes. *Electroanalysis*. 2007, 19, 2251–2257.

- [26] Safavi, A., Maleki, N., Ershadifar, H., Tajabadi, F. Development of a sensitive and selective Riboflavin sensor based on carbon ionic liquid electrode. *Anal. Chim. Acta.* 2010, 674(2), 176–181.
- [27] Oliveira, M.F.D., Mortimer, R.J., Stradiotto, N.R. Voltammetric determination of persulfate anions using an electrode modified with a Prussian blue film. *Microchem. J.* 2000, 64, 155–159.
- [28] Zhang, H., Zhao, J.S., Liu, H.T., Wang, H.S., Liu, R.M., Liu, J.F. Application of poly (3-methylthiophene) modified glassy carbon electrode as riboflavin sensor. *Int. J. Electrochem. Science.* 2010, 5, 295–301.
- [29] Revin, S.B., John, S.A. Simultaneous determination of vitamins B2, B9 and C using a heterocyclic conducting polymer modified electrode. *Electrochim. Acta.* 2012, 75, 35–41.
- [30] Qu, W.Y., Wu, K.B., Hu, S.S. Voltammetric determination of pyridoxine (Vitamin B6) by use of a chemically-modified glassy carbon electrode. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2004, 36, 631–635.
- [31] Niewa, T., Zhanga, K., Xua, J., Lub, L., Baib, L. A facile one-pot strategy for the electrochemical synthesis of poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/Zirconia nanocomposite as an effective sensing platform for vitamins B2, B6 and C. *J. Electroanal. Chem.* 2014, 717, 1–9.
- [32] Koçak, S., Aşlışen, B. Hydrazine oxidation at gold nanoparticles and poly(bromocresol purple) carbon nanotube modified glassy carbon electrode. *Sensors and Actuators B: Chemical.* 2014, 196, 610–618.
- [33] Koçak, S., Altın, A., Koçak, Ç.C. Electrochemical Determination of Hydrazine at Gold and Platinum Nanoparticles Modified Poly(L-Serine) Glassy Carbon Electrodes. *Analytical Letters.* 2015, 49, 1015-1031.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: İnci Turşucu

Doğum Tarihi: 1991

Doğum Yeri: izmir

Email: tursucu35@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise: Eşrefpaşa Anadolu Lisesi, 2009

Lisans: Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2014

Yüksek Lisans: Manisa Celal Bayar Üniversitesi, 2019

Mesleki Deneyim

1. Koza Altın Madenleri A.Ş. / Laboratuvar Stajyeri
2. Celal Bayar Üniversitesi / Laboratuvar Asistanlığı
3. Socar Dolum Tesisleri / C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı

Uluslararası Kongrelerde Sunulmuş Bildiriler

1. Turşucu İnci, Koçak Süleyman, Simultaneous Determination of B Group Vitamins at Metal Nanoparticle Poly Taurine and Carbon Nanotube Modified Electrode by Voltammetry. *10th Aegean Analytical Chemistry Days, 10th Aegean Analytical Chemistry Days, AACD 2016 (Özet Bildiri/Poster)*