**T.C.**
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# KARBON NANOTÜP VE TUNGSTEN NANOPARÇACIK TEMELLİ YENİ BİR KOMPOZİT ELEKTROT İLE TRİPTOFANIN VOLTAMETRİK OLARAK SAPTANMASI

**Fatoş BİLEM**

**KİMYA ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**
**2018**

Prof. Dr. Mehmet ASLANOĞLU danışmanlığında, Fatoş BİLEM'in hazırladığı **''Karbon nanotüp ve tungsten nanoparçacık temelli yeni bir kompozit elektrot ile triptofanın voltametrik saptanması''** konulu bu çalışma 28/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Mehmet ASLANOĞLU ……

Üye : Doç. Dr. Gülay ZENGİN …….

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Zafer UYAR ……...

**Bu Tezin Kimya Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.**

**Prof. Dr. Halil Murat ALĞIN**
**Enstitü Müdürü**

**Bu çalışma HÜBAK tarafından desteklenmiştir.**
**Proje No: 17147**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**


ÖZET..... i
ABSTRACT..... ii
TEŞEKKÜR..... iii
ŞEKİLLER DİZİNİ..... iv
ÇİZELGELER DİZİNİ..... v
SİMGELER DİZİNİ..... vi
1. GİRİŞ..... 1
1.1. Triptofan..... 1
1.1.1. Triptofanın özellik ve etkileri..... 1
1.1.2. Nerelerde bulunur..... 2
1.2. Dönüşümlü Voltametri..... 3
1.2.1. Voltametride kullanılan uyarma sistemleri..... 4
1.3. Modifiye Elektrotlar..... 5
1.4. Camsı Karbon Elektrot (GCE)..... 5
1.4.1. Kimyasal sensörlerin bazı özellikleri..... 6
1.4.2. İdeal bir sensörün sahip olması gereken özellikler..... 7
1.5. Karbon Nanotüp (CNT)..... 7
1.6. Nanoteknoloji..... 9
1.6.1. Metal Nanoparçacıklar..... 10
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... 12
3. MATERYAL ve YÖNTEM..... 14
3.1. Materyal..... 14
3.2. Yöntem..... 14
3.2.1. Elektrodun hazırlanması..... 14
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA..... 16
4.1. WNPs-CNTs Enerji Dağılımlı X IşınlarıSpektroskopisi (EDX)..... 16
4.2. Tiptofanın Voltametrik Özellikleri..... 18
4.3. Tarama Hızının Triptofanın Pik Akımı ve Pik Potansiyeline Etkisinin İncelenmesi..... 20
4.4. PH'nın Triptofanın Pik Akımı ve Pik Potansiyeline Etkisinin İncelenmesi..... 22
4.5.WNPs-CNTs/GCE Sisteminde Triptofana İlişkin Kalibrasyon Eşitliği..... 25
4.6. Çalışma Aralığı, Kararlılık ve Tekrarlanabilirlik Çalışmaları..... 26
4.7. WNPs-CNTs/GCE'nin Triptofanın Elektroanalizinde Seçimlilik Çalışmaları...
4.8. Önerilen Elektrot ile İlaç Numunesinde Triptofanın Saptanması ..... 28
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER..... 29
KAYNAKLAR..... 30
ÖZGEÇMİŞ..... 35

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

**KARBON NANOTÜP VE TUNGSTEN NANOPARÇACIK TEMELLİ YENİ BİR KOMPOZİT ELEKTROT İLE TRİPTOFANIN VOLTAMETRİK SAPTANMASI**

**Fatoş BİLEM**

**Harran Üniversitesi**
**Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Kimya Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Mehmet ASLANOĞLU**
**Yıl: 2018, Sayfa: 35**

Karbon nanotüp ve tungsten nanoparçacıklardan oluşan yeni bir voltametrik platform hazırlanmıştır. Önerilen voltametrik platform, ilaç ürünlerdeki triptofanın (TRP) saptanması için kullanılmıştır. Elektrot yüzeyindeki tabakalar, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji dağılımlı X ışınları spekstrokopisi (EDX) kullanılılarak karakterize edilmiştir. Bir çok elektrotla karşılaştırıldığında bu elektrot sistemi (WNPs-CNTs/GCE), TRP için yüksek katalitik etki göstermiş ve elektrokimyasal davranışlarını geliştirmiştir. Önerilen elektrot yüzeyinde, TRP için 0.705 V civarında iyi tanımlanmış bir yükseltgenme piki gözlenmiştir. TRP' nin saptanması, dönüşümlü voltametri (CV) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Önerilen elektrot yüzeyinde, TRP'nın $1.0x10^{-9}$-$1.0x10^{-7}$ M'lık konsantrasyon aralığında doğrusal olduğu gözlenmiştir. Kompozit malzeme TRP için $3.5x10^{-10}$ M'lık bir saptama sınırına olanak vermiştir. Ayrıca, WNPs-CNTs/GCE yüzeyinde TRP için mükemmel tekrarlanabilirlik, yüksek kesinlik ve yüksek doğruluk gözlenmiştir. Kompozit tabaka temelli platform, ilaçlarda TRP'nin saptanmasına başarılı bir şekilde uygulanmıştır.



**ANAHTAR KELİMELER:** triptofan; nanopartiküller; karbon nanotüpler; modifikasyon; saptama.

**ABSTRACT**

**MSc Thesis**

**DETERMINATION OF TRYPTOPHAN USING A NOVEL COMPOSITE ELECTRODE BASED ON CARBON NANOTUBES AND TUNGSTEN NANOPARTICLES**

**Fatoş BİLEM**

**Harran University**
**Graduate School of Natural and Applied Sciences**
**Department of Chemistry**

**Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ASLANOĞLU**
**Year: 2018, Page: 35**

A novel voltammetric platform using carbon nanotubes and tungsten nanoparticles was prepared. The proposed voltammetric platform was utilized for the detection of tryptophan (TRP) in pharmaceuticals. The layers on the electrode surface have characterized, using scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX). Compared with several other electrodes, the proposed electrode (WNPs-CNTs /GCE) exhibited high catalytic activity and improved the electrochemical behavior of TRP. TRP exhibited a well-defined voltammetric peak at 0.705 V at the proposed electrode surface. Detection of TRP was performed using cyclic voltammetry (CV). It was shown that TRP was linear in the concentration range of $1.0x10^{-9}$ to $1.0x10^{-7}$ M. The composite material enabled a detection limit of $3.5x10^{-10}$ M for TRP. In addition, excellent reproducibility, high precision and accuracy were obtained for TRP at the surface of WNPs-CNTs/GCE. The composite material based electrode has successfully applied for the determination of TRP in pharmaceuticals.

**KEY WORDS:** tryptophan; nanoparticles; carbon nanotubes; modification; determination

# TEŞEKKÜR

Tezimi hazırlama aşamalarında; teori kısmında ve deneysel kısımlarda bana oldukça fazla mesai ayıran ve büyük yardımları olan danışmanım Prof. Dr. Mehmet ASLANOĞLU' na ve Doç. Dr. Ayşegül KUTLUAY BAYTAK'a, Laboratuvar ortamında deneyler esnasında büyük yardımları olan Şehriban DÜZMEN'e ve Tuğçe TEKER'e çok teşekkür ederim.

Hayatımın her alanında olduğu gibi yüksek lisans sürecinde de yanımda olan ve maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen; babam Cemal BİLEM'e, annem Hanife BİLEM'e, amcam Nuri BİLEM'e teşekkürü borç bilirim. İyi ki varsınız.

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No**


Şekil 1.1. Voltametride Kullanılan Potansiyel uyarma sinyalleri..... 4
Şekil 1.2. Camsı Karbon Elektrodun Gösterimi.....…… 6
Şekil 1.3. Karbon Nanotüp Gösterimi……..……..... 8
Şekil 1.4. Metal Nanoparçacıklar…….. …….. 11
Şekil 3.1. Metal nanoparçacık- karbon kompozit elektrot yüzeyinin hazırlanma prosesinin ampirik gösterimi.. …….....…. 15
Şekil 4.1. CNT(A) CNT-W(B) SEM Görüntüleri……... 17
Şekil 4.2. Kompozit malzemeye ait EDXspektrumu…… 17

Şekil 4.3.1.2 µM TRP' nin 0,1 M pH:7.0 PBS'de farklı camsı karbon çalışma elektrot sistemleri kullanılarak alınan dönüşümlü voltamogramları ……..……. 19
Şekil 4.4. 1.0 µM TRP' nin 0.1 M pH:7.0 PBS' de WNPs-CNTs/GCE elektrot sistemleri kullanılarak farklı tarama hızlarında alınan dönüşümlü voltamogramları…….. 21
Şekil 4.5. 0.1 M pH 7.0 PBS' de WNPs-CNTs/GCE kullanılarak TRP' nin tarama hızına karşı yükseltgenme pik akımlarının grafiği ……. 22
Şekil 4.6. L-TRP' nin elektrokimyasal reaksiyon mekanizması …… 22
Şekil 4.7. 3.25 µM Triptofanın(TRP) farklı pH' lardaki 0.1 M fosfat tampon çözeltisinde WNPs-CNTs/GCE sistemi kullanılarak alınan dönüşümlü voltamogramların genişletilmiş şekli ……. 24
Şekil 4.8. WNPs-CNTs/GCE kullanılarak 0.1 M fosfat tampon çözeltilerinin pH'ına karşı TRP'nin yükseltgenme pik potansiyellerinin grafiği……. 24
Şekil 4.9. 0.1 M pH:7.0 fosfat tampon çözeltisinde WNPs-CNTs/GCE çalışma elektrodu kullanılarak triptofanın artan konsantrasyonlarına ilişkin alınan dönüşümlü voltamogramları …….....…. 25
Şekil 4.10. 0.1 M pH:7.0 fosfat tampon çözeltisinde WNPs-CNTs/GCE kullanılarak TRP'nin artan konsantrasyonlarına karşı pik akımlarının grafiği……... 26
Şekil 4.11. Askorbik Asit (AA) ve TRP' nin 0.1 M pH:7.0 PBS içinde WNPs-CNTs/GCE çalışma elektrot sistemi kullanılarak alınan dönüşümlü voltamogramları...…… 27

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa No**

Çizelge 4.1. İlaç örnekleri içerisindeki TRP' nin geri kazanım ölçümleri (N=5)…… 28

# SİMGELER DİZİNİ

| | |
|---|---|
| AA | Askorbik Asit |
| GCE | Camsı Karbon Elektrot |
| TRP | Triptofan |
| Ep | Pik Potansiyeli |
| Epa | Anodik Pik Potansiyeli |
| Epc | Katodik Pik Potansiyeli |
| Ip | Pik Akımı |
| Ipa | Anodik Pik Akımı |
| Ipc | Katodik Pik Akımı |
| CNF | Karbon Nanofiber |
| CV | Dönüşümlü Voltametri |
| C | Konsantrasyon |
| N | Tarama Hızı |
| R.S.D | Bağıl Standart Sapma |
| PBS | Fosfat Tampon Çözelti |
| WNPs | Tungsten Nanoparçacıklar |
| IR | İnfrared Spektroskopisi |
| N | Elektron Sayısı |
| $r^2$ | Korelasyon Katsayısı |
| µM | Mikromolar |
| nM | Nanomolar |
| M | Molar |
| mV | Milivolt |
| Eq | Eşitlik |

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Triptofan

Triptofan (TRP, W)'ı ilk olarak İngiliz biyokimyacı Frederick G. Hopkins 1901'de sütteki başlıca protein olan kazeinden elde etmiş, TRP'nin izolasyon metodunun keşfi ve kristal yapısını belirlemesi de Frederick G. Hopkins'in bilime sağladığı katkılardan olmuştur. TRP, proteinlerin ve serotonin, NAD ve ATP gibi bazı özel moleküllerin sentezi için insan sistemine gerekli bir amino asittir (Rosy ve ark.; 2016). Son zamanlarda yapılan pek çok çalışma, TRP konsantrasyonunun endokrin sisteminin işleyişindeki yönlendirici etkisini göstermiştir. TRP seviyelerindeki akut değişiklikler de memelilerin temel davranışsal ve psikolojik özellikleri ile ilişkili bulunmuştur. TRP seviyeleri, duygudurum değişiklikleri, uykusuzluk, mevsimsel duygulanım bozukluğu, şizofreni, bipolar bozukluk, bulimia nervoza, obsesif kompulsif bozukluk, panik atak, premenstrual sendrom gibi semptomları araştırmak ve tanı koymak için izlenir. TRP'nin belirlenmesi için çeşitli yöntemler güncel literatürde belirtilmiştir, örneğin akış enjeksiyonu kemilüminesans, yüksek basınçlı sıvı kromatografisi, kolorimetri, kromatografi, spektrofotometri, elektroanalitik yöntemler. Böylece elektrokimyasal tespitlerde, duyarlılığı, hızlı çalışması, tekrarlanabilirliği, doğruluğu, düşük maliyetli, ihmal edilebilir numunesi ve çözücü madde konsantrasyonu sebebiyle elektroaktif bileşiklerin tespit edilmesinde daha etkili bir yöntem bulunmuş ve günümüzde ilaç için potansiyel bir yöntem olarak geliştirilmiştir.

### 1.1.1. Tripofanın özellik ve etkileri

TRP proteinleri oluşturan 20 aminoasitten bir tanesidir. Apolar bir aminoasit olan TRP indol halkası içerir. Yapısındaki indol halkası çeşitli bileşiklerin yapısına katılır. Bu bileşikler serotonin ve melatonindir. TRP vücutta, sinir iletici serotonin ile niyasin adlı vitamin gibi bazı önemli maddelerin sentezlenmesinde de kullanılır. L-TRP bir nörotransmitter olan serotonin aminoasit öncülüdür. İnsanlarda L-TRP

kullanımı merkezi sinir sisteminde serotonin konsantrasyonunun artışına yol açar**.** Beslenme bakımından önemli olan ve proteinlerde küçük miktarlarda bulunan TRP vücutta sentezlenemediğinden dolayı besinlerle dışarıdan alınması gereken temel aminoasitlerdendir. Normal büyüme ve gelişme için bebekler erişkinlere göre daha fazla triptofana ihtiyaç duyar. Yetişkin bir insanın vücudundaki her bir kilo için günlük triptofan ihtiyacı kullanıma bağlı olunarak yaklaşık 3,6-6 mg arasında değiştiği tahmin edilmektedir.

### 1.1.2. Nelerde bulunur

**Et:** Sığır karaciğeri, koyun eti, geyik eti, tavukgöğsü, dana karaciğeri, hindi göğsü gibi yağsız etler ve kırmızı et TRP açısından zengindir.

**Balık:** Morina, ton balığı, pisi balığı, sardalya, uskumru, karides, levrek, somon ve tarak kabuğunun TRP açısından zengindir.

**Peynir:** Bir başka triptofan açısından zengin besin ise peynirdir ve her gün tüketebilirsiniz. Süzme peynir, kaşar işlenmiş peynir, gravyer peyniri ve tofu gibi çeşitli türlerde TRP bakımından zengindir.

**Meyve:** Muz, çilek, elma, portakal, böğürtlen, ananas, avokado ve şeftali bu aminoasidi içerir.

**Kuru yemiş:** Fıstık, ceviz, antepfıstığı, kaju fıstığı, badem ve kestane TRP bakımından zengin kuru yemiş örnekleridir.

**Sebze:** Kuşkonmaz, hardal yeşilliği, kış kabağı, patlıcan, ıspanak, brokoli, bezelye, yosun, lahana, soğan, domates, mantar, karnabahar, patates ve salatalık bu aminoasit bakımından iyi kaynaklardır.

**Bakliyat:** Kuru fasulye, soya fasulyesi, barbunya fasulyesi, maş fasulyesi ve nohut TRP bakımından zengindir. Kırmızı ya da kahverengi pirinç, buğday, mısır, arpa ve yulaf tüketimi de kandaki TRP düzeylerini artırmak için yardımcı olur.

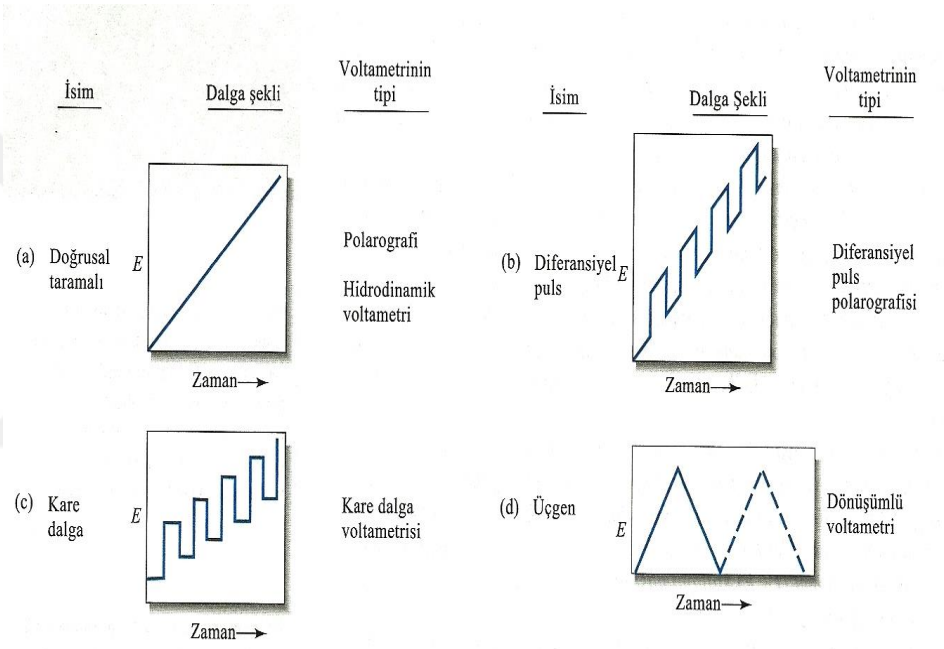
**Tohumlar:** Kabak, çemen, susam, keten tohumu ve ayçiçeği kavrulmuş tohumları TRP'ı bol miktarda içerir.

## 1.2.Dönüşümlü Voltametri

Dönüşümlü voltametri hızlı taramalı voltametri gibidir, yalnız bu voltametride potansiyel tarama işlemi döngüseldir. Potansiyel E1 değerinden E2 değerine belirli bir hızla tarama yapıldıktan sonra, tarama yönünün tersine çevrilerek genellikle aynı hızla E1 değerine ulaştığı görülmektedir. Dönüşümlü voltametride, karıştırılmayan çözeltilerde üçlü elektrot sistemiyle çalışılır. Buradaki hız, difüzyon hızını tayin ettiği görülmektedir. Analit çözeltinin yükseltgenmesi ve indirgenmesi voltamogramda görülmektedir. Başlangıçta yapılan taramanın yönü, örnek numune bileşimine bağlı olarak negatif veya pozitif yönde olmaktadır. Genellikle çevrilme süresi 1 ms veya daha kısa zamandan 100 s veya daha uzun süre aralığındadır. Dönüşümlü voltamogramların detaylı incelenmesiyle, bir sistemin hangi gerilimlerde ve kaç adımda indirgenip yükseltgendiği, elektrokimyasal açıdan tersinir olup olmadığı, elektrot tepkimesinin bir kimyasal tepkime ile denk gidip gitmediği, indirgenme ya da yükseltgenme ürünlerinin kararlı olup olmadığı, elektrot tepkimesinde rol alan maddelerin yüzeye tutunup tutunmadıklarını anlamak mümkündür.

### 1.2.1. Voltametride kullanılan uyarma sinyalleri

Bir mikroelektrotlu elektrokimyasal hücreye değiştirilebilir bir potansiyel uyarma sinyali uygulanır. Bu uyarma sinyali yöntemin dayandığı karakteristik bir cevap akımı oluşturur. Voltametride en çok kullanılan dört uyarma sinyalinin şekli, Şekil 2'de gösterilmiştir. Bunlar; doğrusal taramalı, diferansiyel puls, kare dalga ve üçgen dalgadır. (Skoog ve ark., 1996, 1998).




Şekil 1.1. Voltametride kullanılan potansiyel uyarma sinyalleri. (Skoog ve ark., 1996, 1998)

## 1.3. Modifiye elektrotlar

Kimyasal sensörler, analizi yapılan bileşene karşı hazırlanmış bir örneğin derişiminden yola çıkılarak bulunan kimyasal bilgiyi analitiksel olarak sinyale dönüştüren sistemlere denir. Kimya ve elektriğin reaksiyonu elektrokimya başlığı altında incelenir. Elektrokimyasal sensörler, kimyasal sensörlerin en detaylı olanı ve önceden bilinen grubudur. Bazıları gelişme aşamalarında oldukları durumda bile bu grubun birçoğu ticari değeri sağlamıştır. En eski elektrokimyasal sensörlerin 1950'li yılarda oksijen ölçümlerinde kullanıldığı belirtilmektedir. Son zamanlarda, bazı bölge çalışmalarında yanıcı gazlar ve toksik gazların kontrolü aşamasında daha seçimli elektrokimyasal sensörler de elde edilmiştir. Gelişmelerindeki en önemli avantajlardan biri de, kullanılan analit için iyi bir seçici olmasıdır.

## 1.4. Camsı karbon elektrot (GCE)

Camsı karbon, fenol/formaldehit polimerlerinin veya poliakrilonitrilin 1000-3000 ˚C arasında basınç altında karbonizasyona uğratılması sonucu elde edilmiştir. GCE, ticari amaçlı elektrot üretimine uyumlu olmamasına rağmen, iyi bir mekanik ve elektriksel niteliklere sahip olması ve geniş bir potansiyel aralığı olması, kimyasal tepkimelere girmemesi ve genellikle tekrarlanabilir yüzeyler sağladığından dolayı sıklıkla kullanılmaktadır. Kolayca kırılabilen ve sert bir madde olması dolayısıyla, karbon pastası elektrotlarına göre GCE'un elektrokimyasal yanıt özellikleri yüzeyin çok daha pürüzsüz ve düzgün olması nedeniyle daha iyidir. Bunun yanı sıra GCE yüzeyinin fiziksel dayanıklılığı da karbon pastası elektrotlarına kıyasla daha yüksektir.



Şekil 1.2. Camsı karbon elektrodun fotoğrafı

### 1.4.1. Kimyasal sensörlerin bazı özellikleri

Kimyasal bir sensörde hassas tabaka analit örneği ile kimyasal etkileşim sağlar. Bu nedenle analite maruz kaldıktan sonra, hassas tabakanın kimyasal yapısında bir değişiklik görülmektedir. Fiziksel veya kimyasal özelliğin ölçülmesine gerek duyulmamaktadır. Aynı kimyasal analizler için kullanılan benzer aletlere göre maliyeti bakımından daha düşüktür. Kimyasal sensörler iki bölüm içerir. Bunlar, kimyasal ara yüzey tabakası ve fiziksel dönüştürücüler olmaktadır. Kimyasal ara yüzeyde; analit bir madde kimyasal aktif yüzey ile kimyasal bir etkileşim sağlar. Böylelikle kimyasal özelliklerinde değişiklikler ortaya çıktığı görülmektedir. Görülen değişiklikler ise, fiziksel dönüştürücü ile analiz edilebilir hale getirilir. Değişiklikler, elektriksel sinyal ile ilişkilendirilerek ortaya çıkar ve bilgisayar ekranında okunabilir.

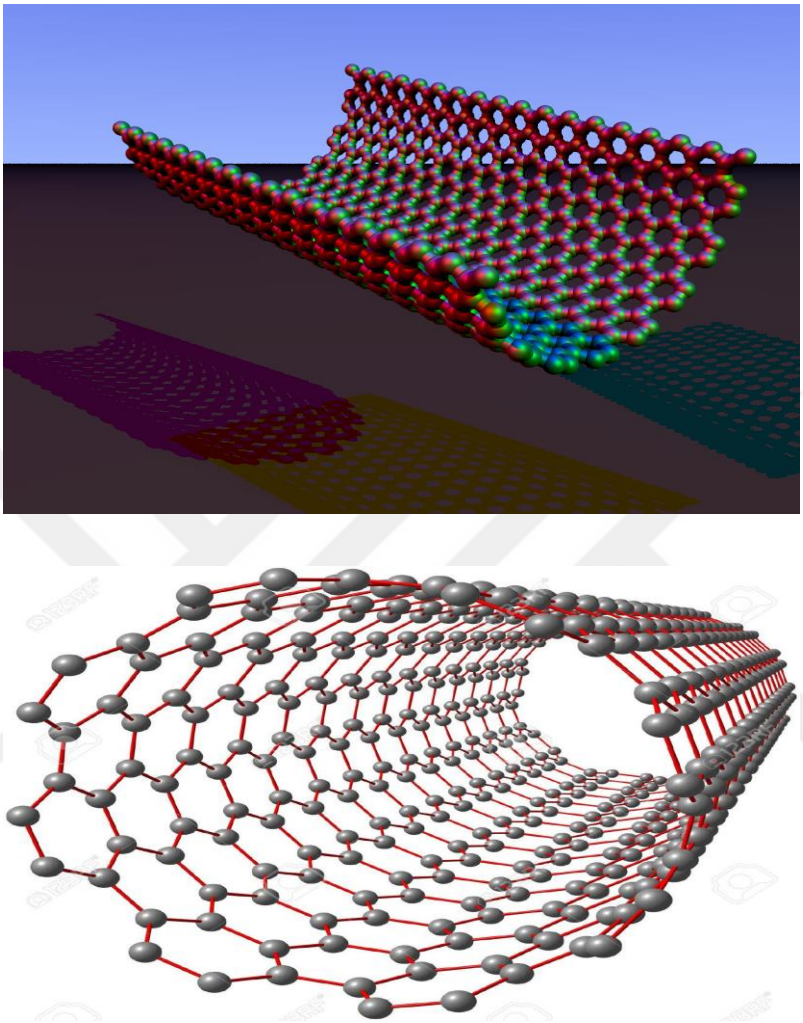
### 1.4.2. İdeal bir sensörün sahip olması gereken özellikler

- Kararlı
- Seçici
- Yüksek duyarlı
- Geniş ölçüm aralığına sahip
- Kalibrasyon Gereksinimi
- Tekrarlanabilir
- Basit ve ucuz
- Kullanım ömrü uzun
- Hızlı cevap zamanı
- Tayin sınırı
- Hızlı geriye dönme zamanı
- Küçültülebilir ve sterilize edilebilir.

## 1.5. Karbon Nanotüp (CNT)

Karbon nanotüpler (CNT) mükemmel iletkenliğe, kimyasal stabiliteye, geniş özgül alana, yüzeydeki kirlenmeyi en aza indirgeme yeteneğine sahiptir ve elektrokimyasal reaksiyonların hızlarını hızlandırabilir. Çok sayıda karbon nanotüp, genellikle çok duvarlı karbon nanotüpleri vardır. örneğin bataryalarda, nanoelektronik cihazlar ve elektrokimyasal sensörlerin yüzeylerinin nanomalzeme modifiye edicileri. Çelikten on kat daha güçlü ve altı kat daha hafif yapılardır. Nanotüpler, kristal grafitlerden oluşan hegzagonal örgüdeki karbon atomlarının oluşturduğu silindirik yapılardır. Karbon nanotüpler, nanoteknolojinin uygulama aşamasında önemli bir yol katedilmiş alt dallarından biridir. Kendilerine özgü yapıları ve üstün özelliklerinden dolayı nanotüpler, bilim adamları ve araştırmacıların oldukça üzerlerinde durduğu nano yapılardır. Nanotüpler üzerinde yapılan araştırmalar, nanotüplerin sentezlenmeleri, oluşum mekanizmaları, yapıları, özelliklerini etkileyen unsurlar üzerinde yoğunlaşırken, bu araştırmalardan sağlanan verilerle birlikte özellikleri geliştirilmiş ve kontrol edilebilen, ucuz ve seri

üretilebilen nanotüpler birçok alanda kullanılmak istenmektedir. Karbon nanotüplerin üretimi günümüzde pahalıya mal olmakta, fakat gün geçtikçe daha seri sentezlenmesiyle ilgili çalışmalar ve firmalar çoğalmakta ve maliyet de düşmektedir.



Şekil 1.3. Karbon nanotüp gösterimleri

## 1.6. Nanoteknoloji

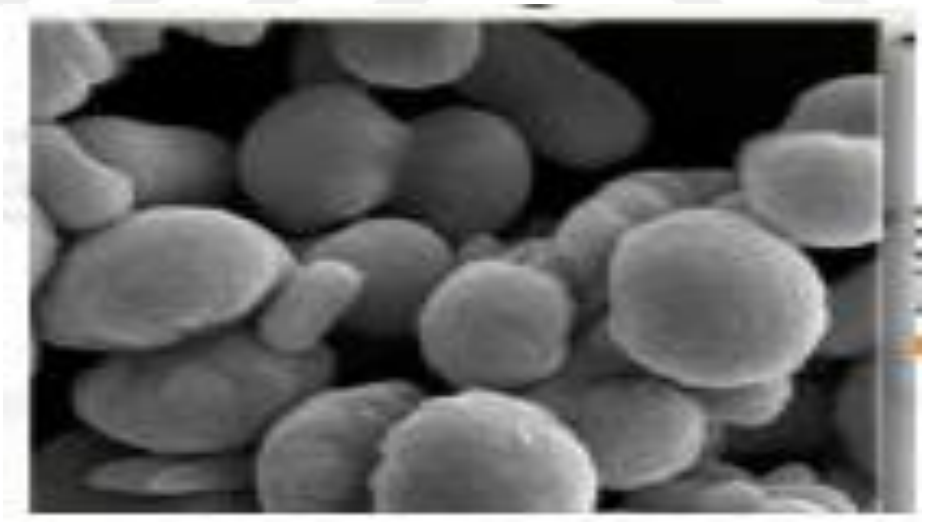
Maddenin nanometre (nm) boyutunda, yani atomsal, moleküler ve supramoleküler yapılar düzeyinde denetlenmesi yoluyla yeni malzeme, cihaz ve sistemlerin tasarlanmasını ve üretilmesini konu alan bir teknoloji dalıdır. Maddeleri moleküler ya da nm düzeyinde ele alan bir mühendislik bilimi olan nanoteknoloji, daha güçlü ve daha hafif elektronik malzemelerin kullanıldığı yeni bir süreç vaat ederek bilim insanlarının son yıllarda umutlarını arttırmaya devam etmektedir. Bilim adamları gün geçtikçe çalışmalarında daha küçük boyutlara yönelmeye, daha az yer kaplayan, daha az enerji harcayarak daha hızlı çalışabilecek aygıtlar hazırlamaya çalışmışlardır. Günümüzde birçok sektörde devrim niteliginde bir potansiyele sahip olan ve heyecan verici bir hızla gelişen nanoteknoloji başka bir ifadeyle, çeşitli araçların, malzemelerin ve yapıların moleküler düzeyde işlenmesi, düzenlenmesi ve 27 tasarlanması olarak tanımlanmaktadır. Bugün bilim adamları bu nano-ölçekteki olguları ve yöntemleri öğrenmeye ve kendi kendini çoğaltabilen, denetleyebilen, kontrol edebilen, onarabilen araçlar, malzemeler ve yapılar oluşturmaya çalışmaktadırlar. Nano birimi ile 100 – 0.1 nm ($10^{-7}$-$10^{-10}$ metre) arasındaki herhangi bir büyüklük ifade edilmektedir. Nanomühendislik (Drexler, 1992), nanoelektronik (DeSilva ve ark., 1993) nanobiyoelektronik (Göpel, 1998) vs. disiplinlerin ortaya çıkması, bu disiplinler için uygun boyut ve fonksiyonel blok yapılarının sentezlenmesini gerekli kılar. Bu ihtiyaç, süper moleküller (Lehn, 1999), biyomoleküller (Niemeyer, 1997) ve dendrimer kimyası (Matthews ve ark., 1998) gibi çalışmalarda maddelerin angström ve nano boyutlardaki özelliklerinin geliştirilmesine imkan sağlamıştır. Bu teknolojiyle ilgili çeşitli uygulamalar (sensör, fotoelektrokimyasal, vb) mevcuttur. Nanoteknoloji ayrıca, nanometre ölçeğindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılması, kontrolü ve üretimi amacıyla, fonksiyonel malzemelerin, cihazların ve sistemlerin geliştirilmesini amaçlayan disiplinlerarası bir bilim dalıdır. Nanoteknolojinin günümüzde diğer bilim dallarına sağladığı avantajlar ve bunu takiben hemen hemen her alanda hızlı bir ilerlemenin kaydedilmesi sonucunda, bilim ve teknolojide yeni ufuklar açılmaya başlamıştır. Nanoteknoloji ile üretilen nanopartikül, nanotüp ve nanokablolar gibi gelişmiş fizikokimyasal özelliklere sahip nanomalzemeler, biyomoleküler algılamaya yönelik elektrokimyasal sensörlerin daha seçici ve daha hassas bir şekilde geliştirilebilmesi

açısından büyük önem taşımaktadır. (Cai ve ark., 2003b; Chen ve ark., 2001; Çalışkan 2009; Erdem ve ark., 2006a, 2007a, b, 2010; Mc. Farland ve Duyne 2003; Guo ve ark., 2004; Hahm ve ark., 2004; Karadeniz ve ark., 2007; Koehne ve ark., 2004; Luo ve ark., 2006; Merkoçi ve ark., 2005; Musameh ve ark., 2002; Özsöz ve ark., 2003; Ravindran ve ark., 2003; Salem ve ark., 2004; Yapaşan 2010; Wildgoose ve ark., 2006; Wu ve ark., 2003).

### 1.6.1. Metal Nanoparçacıklar

Nano teknolojilerin en bilinmiş tanımı nano ölçek teknolojisi olduğudur. Nano fiber teknolojilerin reaksiyonlar tarifi nano ölçeği göstermektedir. Fakat nano teknolojinin tanımı için nano ölçeğin tanımlanması gerekir. Nano ölçek 1-100 nm aralığındadır. (Baghayeri ve ark., 2014; Kalambate ve Srivastava, 2016; Vilian ve ark., 2016). Kapsamlı tanımı olarak da atomsal duyarlılık teknolojisi veya atomik duyarlılık mühendisliği olarak bilinir. Nano fiber teknolojilerin ağırlık verdiği esas husus, benzersiz özellikler bakımından bir tanım da Amerikan Ulusal Nano Teknoloji Đnisiyatifi tarafından öne sürülmüştür. Bu tanımda; nano fiber teknolojilerin kaynağı moleküler seviyede çalışabilme özellikte olmasıdır, atom atoma yapılanma, esas olarak yeni moleküler çalışmalarla detaylı yapılar oluşturulmasıdır şeklinde tanımlanmaktadır. Nano teknoloji, alt yapısı ve reaksiyonları özellikle kimyasal, biyolojik ve fiziksel özellikler, nano ölçüm boyutlarına bağlı kalarak işlemler gösteren yapılarla ilgilidir. Nano ölçekte bulunan fonksiyonel düzenlenmeye sahip malzeme en az bir boyutta, alet ve yapıların üretim, analiz, karakterizasyon ve uygulamalarına rastlanmaktadır. Böyle sistemlerle istenilen fonksiyonel adımı sağlamak için esas olan 100 nm'den daha düşük seviyede ürünlerdeki maddelerin işlemlerini belirler. Nano parçacıklar ile ilgilenen bilim ise maddelerin nano düzeyde nasıl hareket ettiklerini savunan bilim dalıdır. Nano maddelerin alan ve hacim oranlarının fazla olması yeni çalışmaların olacağını göstermektedir. Örnek olarak, mikro seviyelerdede görülmeyen kataliz özellikler, nano seviyelerde ortaya çıkmıştır. Bu özelliğe kuantum etkisi de diyebiliriz.

Kuantum etkisi ile nanoparçacıkların boyutları ve elektrokimyasal yapılarıda değişir; farklı metal, yalıtkan ve yarı iletken nano parçacıklar mekanik, manyetik, optik ve kimyasal yapılarındaki bu değişikliklerle önem kazanmaktadır. Nano seviyelere kadar düşürülen parçacıkların fiziksel özellikleri de değişim göstermektedir: Örnek olarak ise; normalde bakır mat bir görünüme sahipken nano seviyelerde saydam olarak görülmektedir. Normalde platin inert bir madde iken nano seviyelerde katalitik özellik gösteren bir maddedir. Slikon makro seviyede yalıtkan özellik gösterirken nano seviyede iletken özellik göstermektedir. Normalde altın ise reaksiyona hiç girmediği bilinir fakat nano seviyede reaksiyona girebilen bir element olduğu görülmüştür. Nano teknoloji, parçacıkların normalde görülmeyen özelliklerini kullanarak yeni ürünler, analiz metodu ve alet geliştirmektedir. Yani, nanoparçacıklar teknolojisinin esasında iki esas olay vardır. İlki üretim işlemleri kullanılarak gelişmesi sağlanan nano parçacıkların farklı ayrıcalıklarından yararlanmak, ikincisi ise yüksek ölçekli parçacıkların iç yapılarını atom seviyesinde, dikkatli bir şekilde değiştirmek ve bu hususta onlara ayrıcalıklı özellikler kazandırmayı sağlamaktır.



Şekil 1.4. Metal nanoparçacıklar (Solak ve ark., 2011)

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Triptofan (TRP) insanlarda önemli bir amino asittir.İnsanlar Tüketmeden yaşayamaz. Bu bileşik serotonin (bir nörotransmitter), melatonin (bir nörohormon) ve niasin için bir öncüdür. Önemli bir amino asit olan TRP, sebzelerde bulunur ve insan vücudu TRP'yi provoke edemediğinden, besin maddelerini bir takviye maddesi olarak ve besin maddelerini düzeltmek için ilaca ekler (Carlsson ve ark., 1978). TRP azot dengesini korumak için günlük beslenmede gıdalar tarafından alınmalıdır. Aynı zamanda serotonin ve melatonin öncüleri olarak hizmet eder. Uyku, ruh hali ve ruh sağlığının çeşitli yönlerini, çeşitli insan işlevlerini düzenler (Özcan ve ark., 2012). Uygun şekilde metabolize edemeyen kişilerde şizofreni ortaya çıkar. Bununla birlikte, TRP doz aşımı durumunda indol-3 asetik asit, inoksil sülfat, inoksil-β-d-glukuronid, kynurenik asit, kynurenin, antranilik asit, 3-hidroksialtiranik asit, 3-hidroksikinurenin ve kuinolinik asit gibi toksik ürünlerin oluşumuna yol açar. Uygunsuz olarak metabolize edildiğinde halüsinasyonlara ve sanrısallara neden olabilir (Sallee ve ark., 2014). Yanlış bir şekilde metabolize edildiğinde, bir atık ürün oluşturur.Zehirli beyin, halüsinasyonlara ve sanrılığa neden olur. (Kochen ve ark., 1994). Bugüne kadar, çeşitli örneklerde TRP tespiti için çeşitli yöntemler bildirilmiştir. Bu yöntemlerden bazıları HPLC ile ön kolon türevlendirme veya kolon sonrası türevlendirme ve spektrofotometrik prosedürlerdir (Fitznar ve ark., 1999; Hanaoka ve ark., 2000; Nan ve ark., 2002). Belirleme için birçok analitik yöntem önerilmiştir yüksek performanslı sıvı kromatografisi de dahil olmak üzere TRP, kemilüminesans, spektroskopik ve elektrokimyasal yöntemler. Bunlar arasında elektrokimyasal sensörler avantajlara sahiptir. Bu özellikler basit analiz, iyi seçicilik, düşük maliyet, yüksek hassasiyet gibi ve elektroaktif bileşik analizi için yüksek hızdır (Soto ve ark., 2011; Landry ve ark., 1992; Liang ve ark., 2005; Alwarthan ve ark., 1995; Edelhoch ve ark., 1967; Servillo ve ark., 1987; Tang ve ark., 2010; Fan ve ark., 2011; Atar ve ark., 2015; Atar ve ark., 2016; Eren ve ark., 2015; Karimi-Maleh ve ark., 2015; Sanghavi ve ark., 2012; Sanghavi ve ark., 2016; Sanghavi ve ark., 2013; Atta ve ark., 2010; Atta ve ark., 2009; Yaghoubian ve ark., 2009; Yola ve ark., 2016). Bu nedenle, numunelerde triptofanın nicelenmesi için seçici ve doğru bir

yöntem aranır. Literatürde kromatografi, elektroforez gibi TRP'nin tayin edilmesi için bir çeşitli teknikler ortaya çıkmıştır (Yust ve ark., 2004; Swann ve ark., 2010). Çeşitli ilaçların analizi elektrokimyasal algılama, son derece duyarlı bir yaklaşım sağlar.

TRP'nin elektrokimyasal yöntemle saptanması için, poly(glutamic) acid-CNTs, CNTs-kobalt salofen, $TiO_2$-graphene-poly(4-aminobenzenesulfonic acid), poly(sulfosalicylic) acid, graphene-perylenetetracarboxylic acid, demir (III) katkılı zeolit, Au nanopartikül-poly(imidazole), gümüş nanopartikül-grafen ve karbon nanotüpler ile modifiye edilen elektrotlar görülmektedir. Nanoyapılı kompozit elektrotlar uzun süre kararlılık, mükemmel elektrokatalitik etki, yüksek duyarlılık ve düşük saptama limiti sağladıkları için elektroanalizde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, tungsten nanoparçacık (W-NPs) ve CNTs ile modifiye edilen bir camsı karbon elektrot (GCE) kullanılarak TRP'nin voltametrik özellikleri çalışılmış ve elektroanalizi gerçekleştirilmiştir.

# 3. MATERYAL ve YÖNTEM

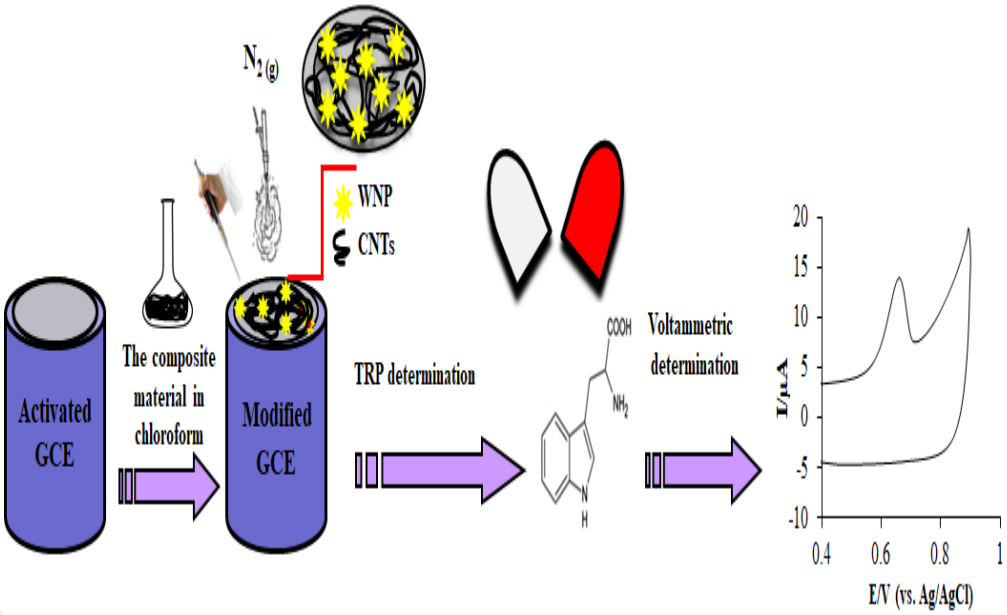
## 3.1. Materyal

Askorbik asit (AA), triptofan (TRP) Sigma-Aldrich (St. Louis, USA) firmasından alınmıştır. Kloroform ise Merck firmasından alınmıştır. Çözeltiler, pH değeri 7.0 olan 0.1 M fosfat tamponunda hazırlandı. Voltammetrik deneyler Eco-Chemie Autolab PGSTAT 12 potentiostat/galvanostat (Utrect, The Netherlands with the electrochemical software package 4.9) voltammetrik cihazı kullanılarak yapıldı. Camsı karbon elektrotlar çalışma elektrotu, Pt tel yardımcı elektrot ve Ag/AgCl ise referans elektrot olarak kullanıldı.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Elektrodun hazırlanması

25mL'lik bir reaksiyon balonuna alınan 0.05g CNT ve 0.005g W üzerine çözücü olarak kloroform ile tamamlanarak hazırlanan 5 mg/25 mL' lik [1/5'lik (m/V)] çözelti ultrasonik banyoda yaklaşık 1 saat ultrasonik olarak süspanse edildi. Hazırlanan bu süspansiyondan bir mikropipet varlığıyla 1 µL, 2 µL, 3 µL, 4 µL ve 5µL' lik kısımlar üstte açıklandığı gibi temizlenen ve elektroaktifleştirilen camsı karbon elektrotların yüzeyine damlatıldı ve bir nozul yardımıyla yüzeye üflenen azot gazıyla kloroformu uçuruldu ve yüzeyin WNPs-CNTs kompozit malzemeyle modifiye edilmesi sağlandı. Elektrotlar saf su ile yıkandı ve 0.1 M PBS tampon çözeltisine daldırılarak saklandı. Bu yeni elektrokimyasal sensörler kullanılmadan önce 0.1 M pH 7.0 PBS içinde 0- 0.9 V arasında on dönüşümlü tarama yapılarak elektroaktif kullanıma hazır hale getirildi.



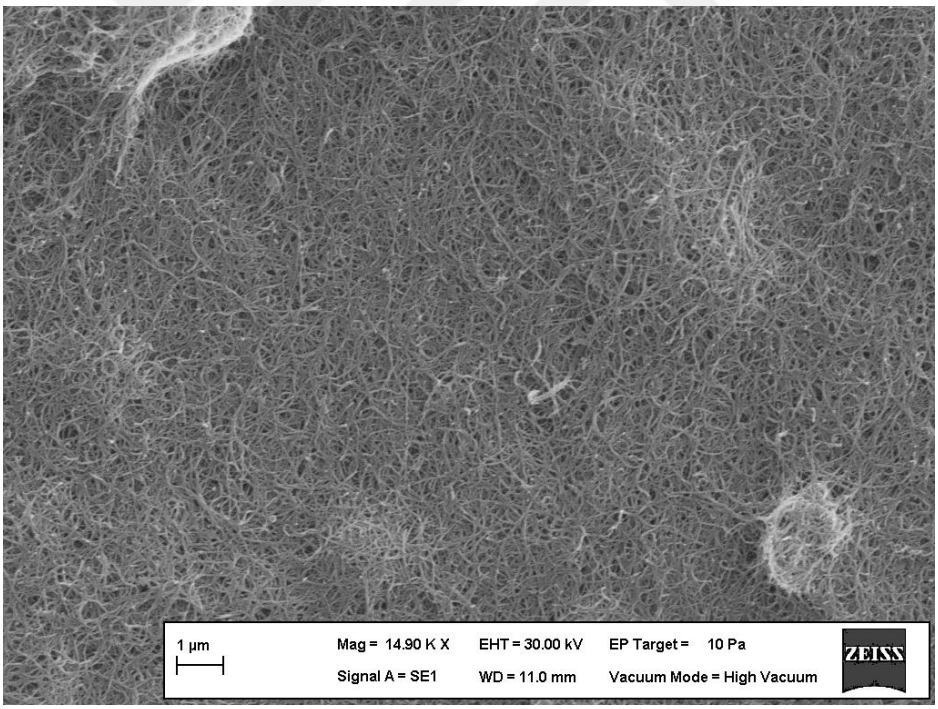

Şekil 3.1. Metal nanoparçacık- karbon kompozit elektrot yüzeyinin hazırlanma prosesinin deneysel gösterimi

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

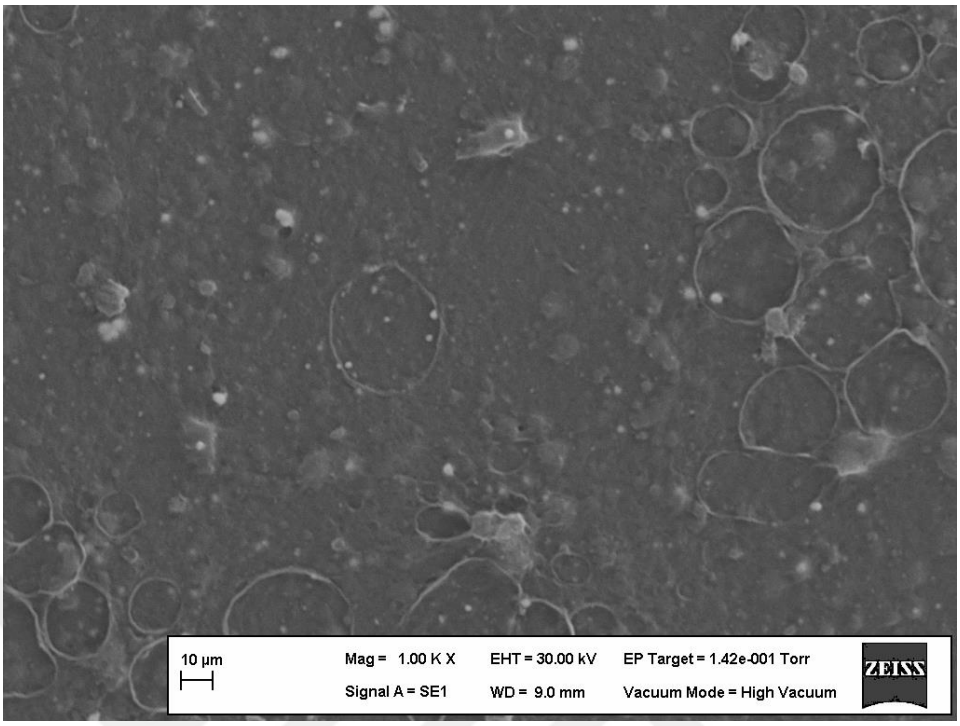
## 4.1. WNPs-CNTs Enerji Dağılımlı X Işınları Spekstrokopisi (EDX)

Şekil 4.1. (A)'da karbon nanotüplere ait taramalı elektron mikroskobu görüntüsü (SEM) verilmiştir. Karbon nanotüplerin homojen olarak dağıldığı görülmektedir. Şekil 4.1.(B)'de ise CNTs-W kompozitine ait SEM görüntüsünde metal okist nanoparçacıkların düzenli bir şekilde dağıldığı görülmektedir.Şekil 4.2'de ise CNTs-W kompozitine ait enerji dağılımlı X ışınları spektrumu (EDX) görülmetedir. Burada, W, O ve C atomlarının görüldüğü açıktır. Spekturumda görülen Au ise elektrot yüzeyinin kaplanması esnasında kullanılmıştır.

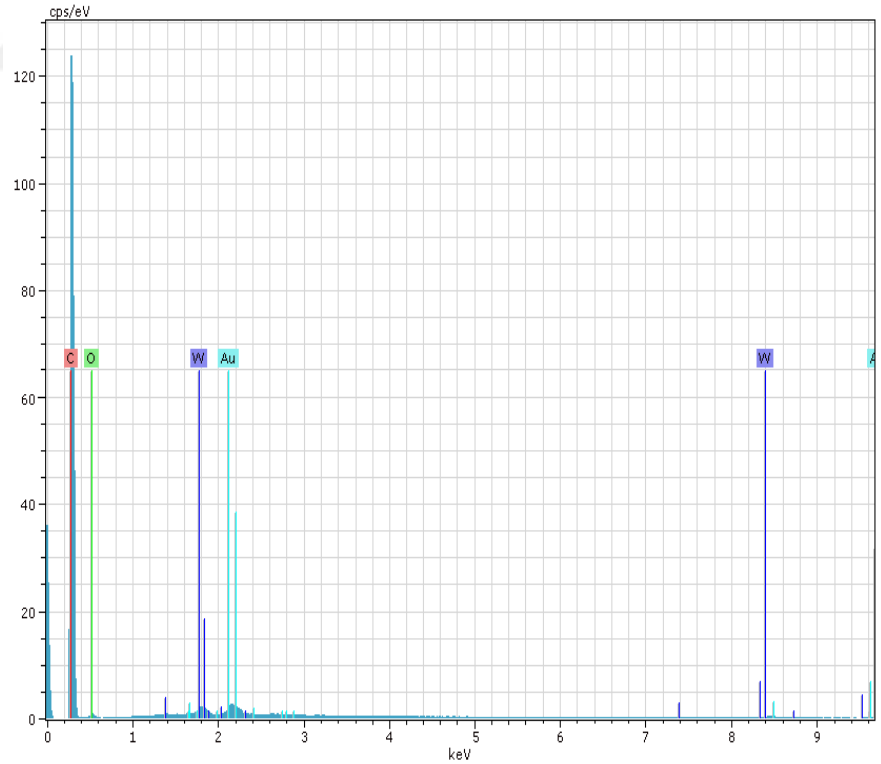
**(A)**



**(B)**




Şekil 4.1. CNTs (A) ve CNTs-W (B) SEM görüntüleri

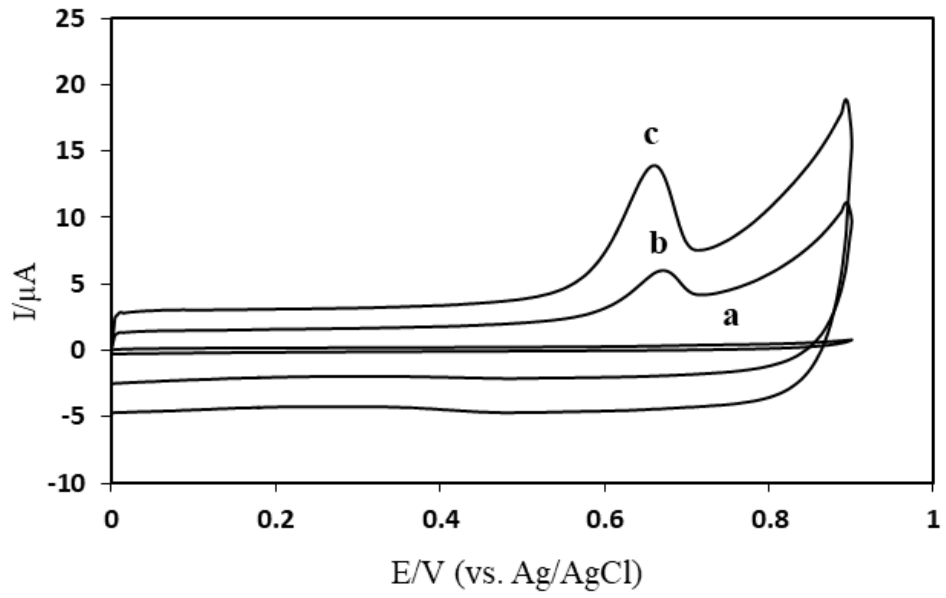



Şekil 4.2. Kompozit malzemeye ait EDX spektrumu

## 4.2. Triptofanın Voltametrik Özellikleri

Triptofanın (TRP) stok çözeltisi pH 7.0, 0.1 M PBS' de $1.0\times10^{-3}$ M olarak hazırlandı ve çalışmalarda uygun seyreltmeler yapılarak kullanıldı. TRP'nin elektrokimyasal özelliklerinin aydınlatılması ve her bir nano malzemenin triptofanın saptanmasına yaptığı elektro katalitik katkıyı incelemek amacıyla farklı yüzeye sahip camsı karbon elektrot sistemleri aynı koşullar altındaki TRP'nn dönüşümlü voltametri ile uygulandı. 1.0 μM TRP'nin 0.1 M pH:7.0 PBS' de 50 mV/s' lik tarama hızı ile yalın GCE, CNT/GCE, WNPs-CNTs/GCE elektrotları üzerindeki elektrokimyasal davranışlarını gösteren dönüşümlü voltamogramlar Şekil 4.3.'de verilmiştir. Şekil 4.3.'de (a) ile simgelenen dönüşümlü voltamograma bakıldığında TRP' nin 0.722 V civarında yayvan bir yükseltgenme piki verdiği indirgenme bölgesinde herhangi bir redüksiyon pikinin olmadığı görülmektedir. Buna göre TRP' nin elektrot reaksiyonu tersinmez bir yükseltgenme reaksiyonu üzerinden gerçekleşmektedir. Yalın elektrot yüzeyinde TRP' nin yükseltgenmesine ait elektrokimyasal reaksiyon oldukça yavaş gerçekleşmekte ve bu yüzden aşırı bir potansiyele ulaşıldığında elektron transferi yapabilmeyi başarmaktadır. Yine yalın camsı karbon elektrodun TRP' nin yükseltgenmesine karşı gösterdiği pik akımına bakıldığında pik akımının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu da yalın camsı karbon elektrodun TRP' nin yükseltgenme reaksiyonuna duyarlılığının da oldukça az olduğunu göstermektedir. Şekil 4.3.' de (b) voltamogramına bakıldığında CNTs/GCE kullanılarak aynı koşullarda TRP' nin yükseltgenme reaksiyonunun 0.676 V civarında gerçekleştiği görülmektedir. Yüzeyin CNT ile modifiye edilmesi TRP' nin yükseltgenme reaksiyonunu hızlandırmakta ve yalın GCE' ye göre oluşan aşırı potansiyelde fark edilebilir bir düşüş gözlenmektedir. Yine CNT' nin TRP' nin yükseltgenmesinde elektrot duyarlılığını arttırdığı, pik akımındaki belirgin artış göz önüne alınarak açıklanabilir. Bu avantajı sağlayan CNT' nin, TRP' nin yükseltgenme reaksiyonunu gerçekleştirmesi için sağlanan yüzey alanını arttırdığını ve böyle yükseltgenme reaksiyonunu hızlandırdığını göstermektedir. CNT bu özelliği ile TRP reaksiyonu için elektrokatalitik bir etki yanında iletkenliğin artmasını da sağlayarak elektrot duyarlılığını arttırmıştır. Tungsten nano metal tanecikleri ile elektro katalitik etkili ve daha iletken bir yüzey elde etmek için WNPs-CNTs/GCE' ye ait

Şekil 4.3.' deki (c) voltamogramına bakıldığında TRP' nin elektrot reaksiyon mekanizmasının hızlandığı ve elektrot yüzeyinin iletkenliğinin belirgin şekilde arttığı pik akımından ve 0.651 V civarında gerçekleşen yükseltgenme pikinden görülmektedir. Farklı nano metal nano parçacığın sağladığı bu elektro katalitik etkinin ve iletkenliğin deneysel olarak tespitin ardından duyarlılığın daha da arttırılması için aynı koşullarda WNPs-CNTs malzemesi ultrasonik olarak sentezlenmiştir. TRP' nin WNPs-CNTs/GCE yüzeyinde daha hızlı bir elektrot reaksiyonu gerçekleştirdiği ve yalın GCE yüzeyinde 0.73 V civarındaki aşırı potansiyelin 0.668 V' a kadar düştüğü açıkça görülmektedir. Ayrıca yükseltgenme pik akımındaki artış ve pikin keskin belirgin şekli metalik nanoparçacık katkılı CNT kompozit nano malzemenin TRP gibi yalın elektrotta elektrot reaksiyonunu yavaş gerçekleştiren bir maddenin elektrot duyarlılığını arttırmak için çok uygun bir modifiye edici malzeme olduğunu kanıtlamıştır.




Şekil 4.3. 1.2 μM TRP' nin 0,1 M pH:7.0 fosfat tampon çözeltisi içinde farklı camsı karbon çalışma elektrot sistemleri kullanılarak alınan dönüşümlü voltamogramları.**a)** Yalın/GCE **b)** CNT/GCE **c)**CNT+W/GCE. Tarama Hızı: 50 mV/s.

## 4.3. Tarama hızının Triptofanın Pik Akımı ve Pik Potansiyeline Etkisinin İncelenmesi

Dönüşümlü voltametride tarama hızının tirptofanın pik akımı ve pik potansiyeline etkisi WNPs-CNTs/GCE elektrot sistemi kullanılarak aynı koşullar altında incelendi. Şekil 4.4.'de 3.2 μM triptofanın 0.1 M pH:7.0 PBS' de WNPs-CNTs/GCE sistemi kullanılarak farklı tarama hızlarında alınan dönüşümlü voltamogramları verilmiştir.

Şekil 4.4.'deki dönüşümlü voltamogramlara bakıldığında WNPs-CNTs/GCE elektrot sisteminde tarama hızı arttıkça TRP' nin yükseltgenme pik akımı artmaktadır. WNPs-CNTs/GCE elektroda ait voltamogramlarda tarama hızına karşı TRP' nin oksidasyon pik akımları grafiğe geçirildiğinde Şekil 4.4.' deki gibi bir doğru elde edilmektedir. Bu da TRP' nin WNPs-CNTs/GCE elektrot sisteminde adsorbsiyon kontrollü bir elektrot reaksiyonu gerçekleştirdiğini göstermektedir. Tarama hızının (υ) pik akımı (Ipa) ile ilişkisini belirten denklemi aşağıda verilmiştir;

$$Ipa\ (\mu A) = 6.1380\ \upsilon^{1/2}\ (mV/s) - 0.0216 \qquad R^2 = 0.9980 \qquad (4.1)$$

Bu eşitliğe ilişkin korelasyon katsayısı $R^2$=0.9874 olarak hesaplanmıştır.

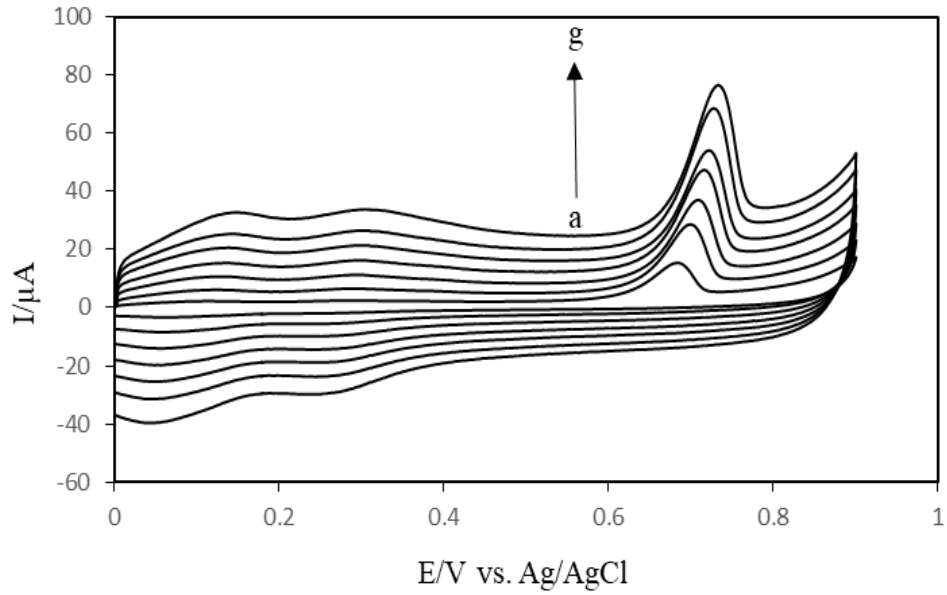
TRP'nin tarama hızının artmasıyla pik potansiyelinde pozitif yönde bir kayma meydana geldiği Şekil 4.5.'de görülmektedir. WNPs-CNTs/GCE elektrot sisteminde tarama hızının *e* tabanına göre logaritması olan *ln* fonksiyonuna karşı TRP' nin pik potansiyeli grafiğe geçirilerek denklem 1-2' de elde edilmiştir. TRP' nin elektrot reaksiyonunda kaç elektrona ilişkin yükseltgenme gerçekleştirdiği hesaplanmıştır.

Şekil 4.7.' deki $\ln v$ 'ye karşı Epa ilişkisini belirten grafikten elde edilen korelasyon eşitliği;

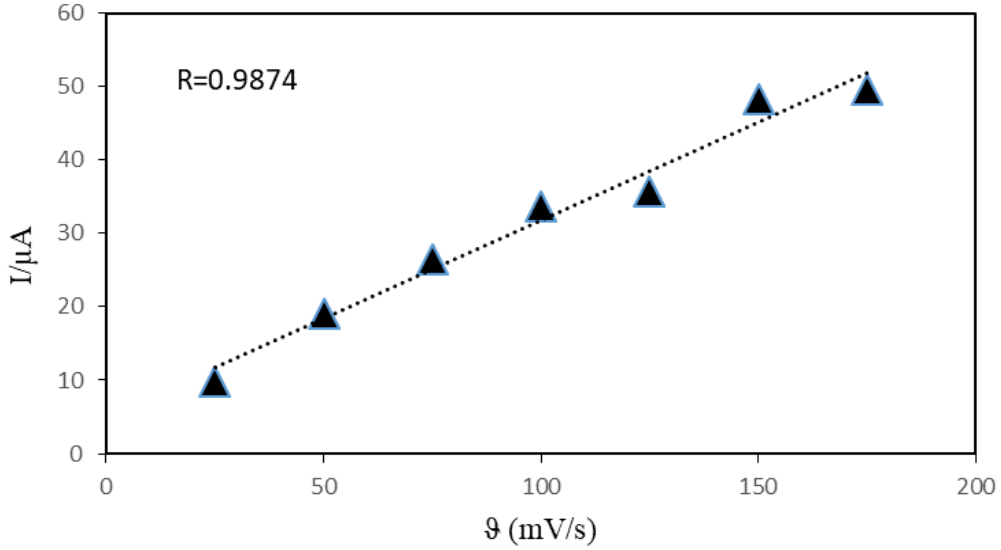
$$Epa\ (V) = 0.04803\ \ln v\ (V/s) + 0.6890 \qquad R^2 = 0.9980 \qquad (4.2)$$

$$Epa = E^{\circ} + \left(\frac{RT}{\alpha nF}\right)\ln\left(\frac{RTk^{\circ}}{\alpha nF}\right) + \left(\frac{RT}{\alpha nF}\right)lnv \qquad (4.3)$$

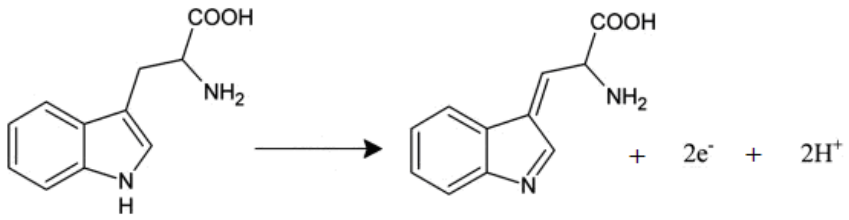
olarak belirlenmiştir. Bu denklemin korelasyon katsayısı $R^2$=0.9980 olarak hesaplanmıştır. Bu denklemin eğiminin 0.04803 olan değeri denklem 4-3 için (RT/ αnF) değerine karşılık gelir. Bu da TRP' nin elektrokimyasal yükseltgenme prosesinin 2 elektron transferiyle gerçekleştiğini göstermektedir. Burada $E^o$ formal potansiyel, α transfer katsayısı, $k^o$ heterojen hız sabiti, n yükseltgenme reaksiyonuna ilişkin transfer edilen elektron sayısı ve $v$ tarama hızını simgelemektedir. Deneysel şartlarda R=8.314 joule/mol.K, T=298 K, F=96500 ve tersinmez reaksiyonlarda α=0.5 olarak alınmaktadır.




Şekil 4.4. 3.2 µM TRP' nin 0.1 M pH:7.0 PBS İçinde WNPs-CNTs/GCE elektrot sistemleri kullanılarak farklı tarama hızlarında alınan dönüşümlü voltamogramları. Her bir voltamogramda tarama hızı a) 25 mV/s, b)50mV/s, c)75 mV/s, d)100 mV/s, e)125 mV/s, f)150 mV/s. Denge süresi: 5 s.




Şekil 4.5. 0.1 M pH 7.0 PBS' de WNPs-CNTs/GCE kullanılarak TRP' nin yedi tarama hızına karşı yükseltgenme pik akımlarının grafiği.




Şekil 4.6. L- TRP'nin elektrokimyasal reaksiyon mekanizması

## 4.4. pH' nın Triptofanın Pik Akımı ve Pik Potansiyeline Etkisinin İncelenmesi

WNPs-CNTs/GCE sistemi kullanılarak triptofanın ortam pH' sına bağlı olarak elektrokimyasal özelliklerinin incelenmesi için farklı pH' lardaki 0.1 M PBS çözeltilerinde dönüşümlü voltamogramları alınmıştır. Şekil 4.7.' de 3.25 μM triptofanın farklı pH'lardaki 0.1 M PBS çözeltileri içindeki dönüşümlü voltamogramları verilmiştir. Farklı pH' lardaki 0.1 M PBS çözeltisi içinde bulunan TRP' de yükseltgenme pik potansiyelinin pH arttıkça katodik yönde

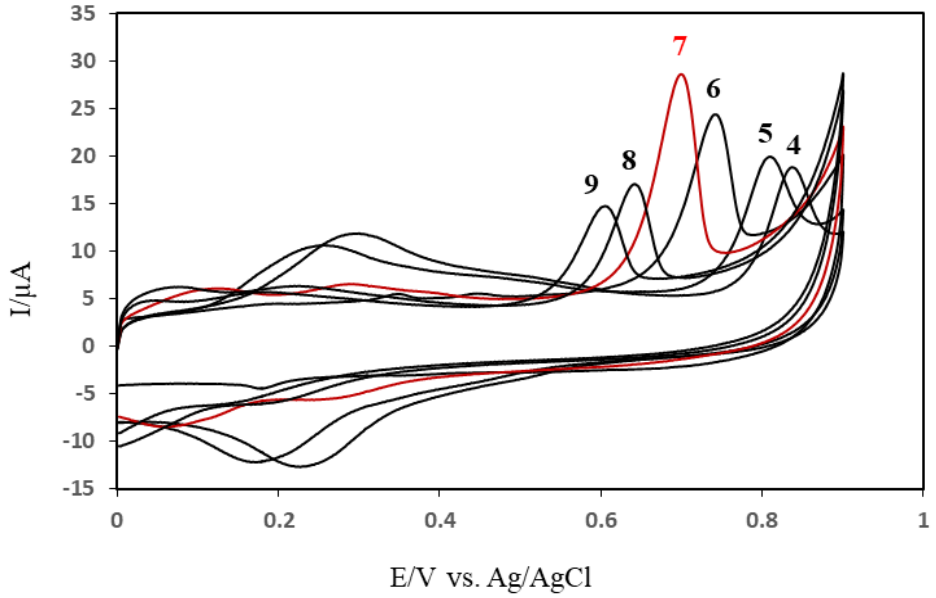
kayma yaptığı Şekil 4.7.' de görülmektedir. pH' nın artmasıyla pik potansiyelinde meydana gelen bu kayma TRP' nin elektrokimyasal reaksiyonunda elektron transferiyle birlikte proton transferi yaptığını göstermektedir. Epa-pH ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.8.'de verilmiştir. Bu grafiğe ilişkin korrelasyon eşitliği ve korrelasyon katsayısı sırasıyla,

$$Epa(V) = -0.05949pH + 1.2381 \quad R^2 = 0.9975 \qquad (4.4)$$

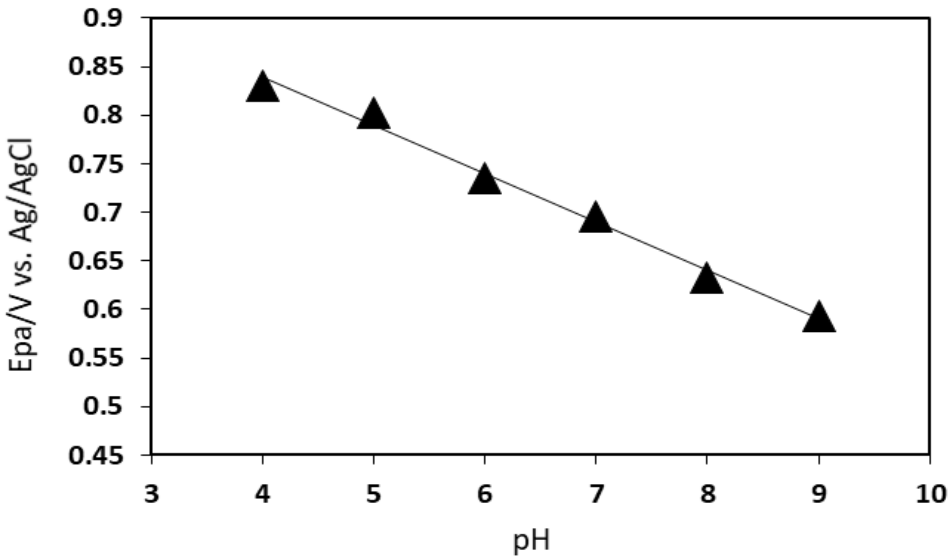
olarak hesaplanmıştır. Epa-pH grafiğinin eğiminin 0.05949 V/pH olması Eşitliğe göre TRP' nin elektrot reaksiyonunda transfer edilen proton/elektron oranının 1:1' e tekabül ettiğini göstermektedir. TRP' nin transfer ettiği elektron sayısının 1 $e^-$ olduğu bilindiğine göre proton sayısının da 1 olduğunu ispatlamaktadır. Burada Epa: yükseltgenme pik potansiyelini, $E^0$: standart pik potansiyelini, m: elektrokimyasal reaksiyona ilişkin transfer edilen proton ($H^+$) sayısını ve n: elektrokimyasal reaksiyona ilişkin transfer edilen elektron ($e^-$) sayısını simgelemektedir.

$$Epa = E^o - \frac{59m}{n} pH \qquad (4.5)$$

Bununla birlikte TRP' nin WNPs-CNTs/GCE' deki elektrokimyasal reaksiyonun mekanizmasının aşağıdaki şekilde $1e^-$ ve $1H^+$ transferi yaparak gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca pik akımlarına bakıldığında iyi bir akım cevabı elde edilen pH optimum çalışma pH' sı olarak ve pH 7.0 olarak seçilmiştir.




Şekil 4.7. 3.25 µM TRP' nin farklı pH' lardaki 0.1 M PBS' de WNPs-CNTs/GCE sistemi kullanılarak alınan dönüşümlü voltamogramların genişletilmiş şekli.Tarama hızı: 50 mV/s. Denge süresi: 5s.



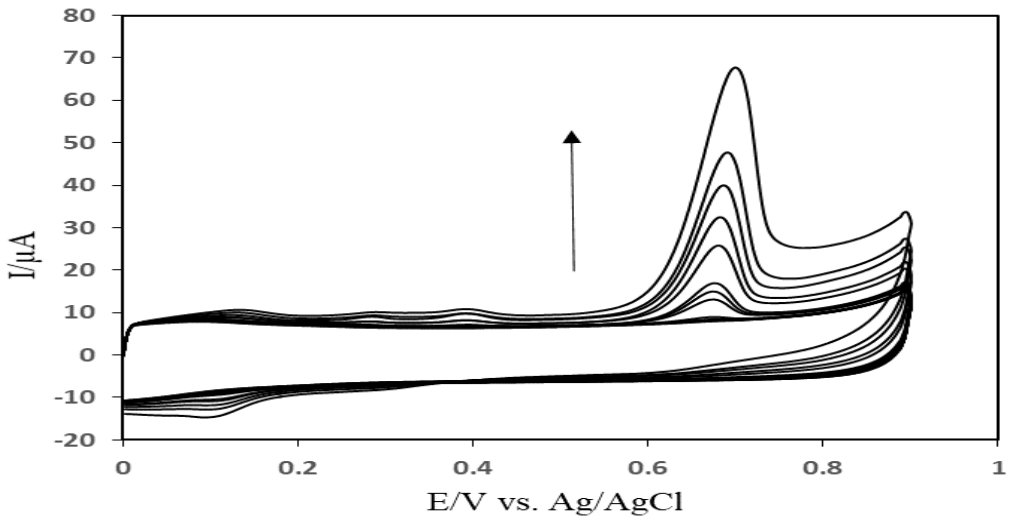

Şekil 4.8. WNPs-CNTs/GCE kullanılarak 0.1 M PBS çözeltilerinin pH' sına karşı TRP' nin yükseltgenme pik potansiyellerinin grafiği.

## 4.5. WNPs-CNTs/GCE Sisteminde Triptofana İlişkin Kalibrasyon Eşitliği

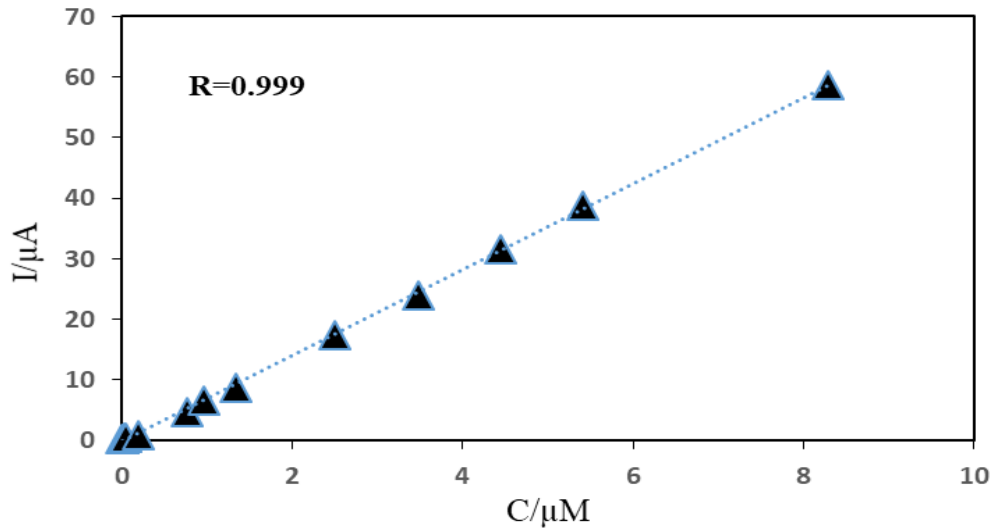
Triptofanın 0.1 M pH:7.0 PBS' de artan konsantrasyonlarına karşı dönüşümlü voltametri ile alınan voltamogramları Şekil 4.9.' da verilmiştir. Bu kalibrasyon voltamogramındaki parametreler; Tarama hızı: 50 mV/s. Denge süresi: 5s. olarak kullanılmıştır. WNPs-CNTs/GCE elektrot sistemi kullanıldığında triptofanın konsantrasyonunun artışına karşın pik akımının düzenli olarak arttığı görülmektedir. Dönüşümlü voltametride artan konsantrasyonlara karşı alınan voltamogramların pik akımları grafiğe geçirildiğinde Şekil 4.10.' da görüldüğü gibi bir doğru elde edilmektedir. Bu grafiğe ilişkin korrelasyon eşitliği ve korrelasyon katsayısı;

$$Ip(\mu A)=0.2557(nM)+0.0489 \quad R^2=0.9982 \qquad (4.6)$$

olarak hesaplanmıştır. Bu yeni elektrot sisteminde triptofan için doğrusal çalışma aralığının 0,01 μM-8.28 μM ve saptama limitinin 0.005 μM olarak belirlenmiştir.




Şekil 4.9. 0.1 M pH:7.0 PBS' de WNPs-CNTs/GCE çalışma elektrodu kullanılarak TRP' nin artan konsantrasyonlarına ilişkin alınan dönüşümlü voltamogramları.Tarama hızı: 50 mV/s. Denge süresi:5s TRP konsantrasyonlar: (sırasıyla aşağıdan yukarıya doğru): $1.00x10^{-2}$ μM; $2.00x10^{-2}$ μM; $2.40x10^{-2}$ μM; $2.80x10^{-2}$ μM; $3.20x10^{-2}$ μM; $5.20x10^{-2}$ μM; $2.00x10^{-1}$ μM.; $7.75x10^{-1}$ μM; $9.70x10^{-1}$ μM; 1.35 μM; 2.50 μM; 3.50 μM; 4.45 μM; 5.40 μM; 8.28 μM.




Şekil 4.10. 0.1 M pH 7.0 PBS' de WNPs-CNTs/GCE kullanılarak TRP' nin artan konsantrasyonlarına karşı pik akımlarının grafiği.

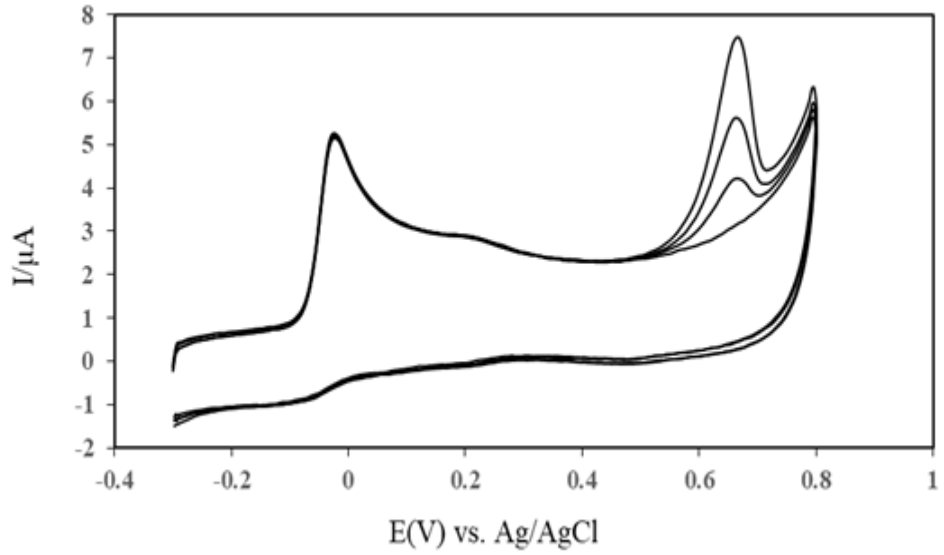
## 4.6. Çalışma Aralığı, Kararlılık ve Tekrarlanabilirlik Çalışmaları

$1.60\times10^{-6}$ M TRP' nin WNPs-CNTs/GCE elektrodun dönüşümlü voltametride alınan on dönüşümlü taramasına ilişkin B.S.S %' nin ≈1.11% olduğu hesaplanmıştır.. Bu verilere göre bu WNPs-CNTs/GCE sistemi TRP' nin saptanmasına ilişkin iyi bir kararlılık, tekrarlanabilirlik ve duyarlılık göstermiştir.

## 4.7. WNPs-CNTs/GCE' nin Triptofanın Elektroanalizinde Seçimlilik Çalışmaları

Yine WNPs-CNT/GCE elektrot sistemi kullanılarak TRP' nin ilaç örneklerinde saptanmasına ilişkin uygulamalar yapılacağı için bu örnekler içinde bulunabilecek muhtemel girişimcilerin etkileri de seçimlilik çalışmaları kapsamında incelenmiştir. Elektroaktif molekül olması nedeniyle askorbik asit (AA) bilinen en iyi girişimci türlerindendir. Bunun yanında askorbik asit güçlü antioksidan etkisi sebebiyle ilaç ve kozmetik ürünlerde katkı maddesi olarak da kullanılan bir maddedir. Sabit AA konsantrasyonunda aynı koşullarda yine WNPs-CNTs/GCE elektrot sistemi kullanıldığında artan TRP konsantrasyonlarına karşılık keskin

yükseltgenme piki elde edilmiştir. Şekil 4.11.'de voltamogramında gösterildiği üzere, AA ; -0.015V ve TRP'nin 0.674 V' ta iyi bir pik ayırımı göstererek karakteristik olarak ayrılmıştır. WNPs-CNTs/GCE elektrot sistemi ortamda bulunan muhtemel girişimci ve oldukça elektroaktif türlerin varlığında bile sağladığı geniş yüzey sayesinde TRP' nin seçimli olarak elektrot reaksiyonunu gerçekleştirmesine yardımcı olmuş, güçlü bir elektrokatalitik etki sağlayarak elektron transferini kolaylaştırmış ve duyarlılığı arttırmıştır.




Şekil 4.11. Askorbik Asit (AA) ve TRP' nin 0.1 M pH:7.0 PBS' de WNPs-CNTs/GCE çalışma elektrot sistemi kullanılarak alınan dönüşümlü voltamogramları. 22,5 µM AA ve sırasıyla 0,00 µM; 0,15 µM; 3 µM; 6 µM TRP Tarama hızı: 50V/s. Denge süresi: 5 s.

## 4.8. Önerilen Elektrot ile İlaç Numunesinde Triptofanın Saptanması

WNPs-CNTs/GCE elektrot sisteminin ilaç formülleri içinde bulunan TRP' nin saptanması için analitik uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Örnekler hiçbir ön işlem yapılmadan ticari olarak satın alınan formülasyonun belirli miktarlarının pH'ı 7.0 olan 0.1 M PBS ile uygun seyreltmeler yapılarak ve ultrasonik banyoda çözülmesiyle taze olarak hazırlanmasının ardından voltametrik olarak analiz edilmiştir. Çizelge 4.1.'de ilaç örneğinde bulunan TRP' nin saptanan içerik değerleri ve B.S.S.% değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. İlaç örnekleri içerisindeki TRP' nin geri kazanım ölçümleri (N=5)

| Numune | İçerik (mg) | Bulunan (mg) | Geri Kazanım % | B.S.S. % (RSD) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 500 | 494.6±13,97 | 98.9 | 2.82 |

# 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Karbon nanotüp, tungstenden oluşan ikili metalik nanoparçacıklarının bir kompoziti yeni bir voltametrik platformun hazırlanmasında kullanılmıştır. Önerilen voltametrik platform, farmasotik ürünlerdeki TRP' nin saptanması için (Karbon nanotüp ve tungsten nanoparçacıklardan oluşan yeni bir voltametrik platform hazırlanmıştır.. Önerilen voltametrik platform, ilaç ürünlerdeki TRP' nin saptanması için kullanılmıştır. Elektrot yüzeyindeki tabakaları, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji dağılımlı X ışınları spekstrokopisi (EDX) kullanılılarak karakterize edilmiştir. Bir çok elektrotla karşılaştırıldığında bu elektrot sistemi WNPs-CNTs/GCE, TRP için yüksek katalitik etki göstermiş ve elektrokimyasal davranışlarını geliştirmiştir. Önerilen kompozit tabaka temelli elektrot, TRP için 0.705 V civarında iyi tanımlanmış bir yükseltgenme piki gözlenmiştir. TRP' nin saptanması, dönüşümlü voltametri (CV) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elektrot, WNPs-CNTs /GCE'de TRP için 0,001- 0,1 μM konsantrasyon aralığında doğrusal bir grafik vermiştir.Kompozit malzeme TRP için 0.35 nM' lık bir saptama sınırına olanak vermiştir. WNPs-CNTs/GCE'de yüzeyinde TRP için mükemmel tekrarlanabilirlik, yüksek kesinlik, yüksek doğruluk elde edilmiştir. Kompozit tabaka temelli platform ilaçlarda TRP'nin saptanmasına başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

**KAYNAKLAR**


ALWARTHAN, A.A. 1995. Chemiluminescent determination of tryptophan in a flow injection system. Anal. Chim. Acta, 317: 233–237.

ASLANOGLU, M. and BAYTAK, A.K. 2015. Voltammetric quantification of tryptophan using a MWCNT modifiedGCE decorated with electrochemically produced nanoparticles ofnickel. Sensors and Actuators B: Chemical, 220: 1161-1168.

ATAR, N., EREN, T., YOLA, M.L., KARIMI-MALEH, H. and DEMIRDOGEN, B. 2015. Magnetic iron oxid and iron oxide@gold nanoparticle anchored nitrogen and sulfur-functionalized reduced graphene oxide electrocatalyst for methanol oxidation. RSC Adv, 5: 26402–26409.

ATAR, N., YOLA, M.L. and EREN, T. 2016. Sensitive determination of citrinin based on molecular imprinted electrochemical sensor. Appl. Surf. Sci, 362: 315–322.

ATTA, N.F., EL-KADY, M.F. and GALAL, A. 2009. Palladium nanoclusters-coated polyfuran as a novel sensor for catecholamine neurotransmitters and paracetamol. Sensors Actuators B Chem, 141: 566–574.

ATTA, N.F., EL-KADY, M.F. and GALAL, A. 2010. Simultaneous determination of catecholamines, uric acid and ascorbic acid at physiological levels using poly (N-methylpyrrole)/Pdnanoclusters sensor. Anal. Biochem, 400: 78–88.

CAI, H., CAO, X., JIANG, Y., HE, P., FANG, Y. 2003b. Carbon nanotube-enhanced electrochemical DNA biosensor for DNA hybridization detection. Anal. Bioanal. Chem., 375(2): 287–293.

CALISKAN, A., ERDEM, A. and KARADENIZ, H. 2009. Direct DNA hybridization on the single-walled carbon nanotubes modified sensors detected by voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy. Electroanalysis, 19: 2116– 2124.

CARLSSON, A. and LINDQVIST, M. 1978. Dependence of 5-HT and catecholamine synthesis on concentrations of precursor amino-acids in rat brain. Naunyn Schmiedebergs Arch. Pharmacol, 303: 157–164.

CHEN, R. J., ZHANG, Y., WANG, D., DAI, H. 2001. Nancovalent sidewall functionalization of single-walled carbon nanotubes for protein immobilization. J. Amer. Chem. Soc., 123: 3838–39.

DESILVA, A. P. GUNARANTE, H. Q. N. and McCoy, C. P. 1993. A molecular photoionic AND gate based on fluoresent signaling. Nature, 364: 42–44. Drexler, K. E. 1992. Nanosystems, Molecular, Machinery. Manufacturing And Computation. Ed. Wiley, 576, New York.

EDELHOCH, H. 1967. Spectroscopic determination of tryptophan and tyrosine in proteins, Biochemistry, 6: 1948–1954.

ERDEM, A. 2007a. Nanometrial- based electrochemical DNA sensing strategies, A Review. Talanta, 74: 318–325.

ERDEM, A., PAPAKONSTANTINOU, P. and MURPHY, H. 2006a. Direct DNA Hybridization at disposible graphite electrodes modified with

carbon nanotubes. Anal Chem, 78: 6656–6659.

ERDEM, A., PAPAKONSTANTINOU, P., MURPHY, H., McMULLAN M., KARADENIZ H. and SHARMA, S. 2010. Streptavidin Modified Carbon Nanotube Based Graphite Electrode for Label-Free Sequence Specific DNA Detection. Electroanalysis, 22: 611 – 617.

ERDEM, A., SAYAR, F., KARADENIZ, H., GUVEN, G., OZSOZ, M. and PISKIN, E. 2007. Development of streptavidin carrying magnetic nanoparticles and their applications in electrochemical nucleic acid ensor systems. Electroanalysis, 19: 798–804.

EREN, T., ATAR, N., YOLA, M.L. and KARIMI-MALEH, H. 2015. A sensitive molecularly imprinted polymer based quartz crystal microbalance nanosensor for selective determination of lovastatin in red yeast rice. Food Chem, 185: 430–436.

FAN, Y., LIU, J.H., LU, H.T. and ZHANG, Q. 2011. Electrochemistry and voltammetric determination of L-tryptophan and L-tyrosine using a glassy carbon electrode modified with a Nafion/TiO2-graphene composite film. Microchim. Acta, 173: 241–247.

FITZNAR, H.P., LOBBES, J.M., and KATTNER, G. 1999. Determination of enantiomeric amino acids with high-performance liquid chromatography and pre-column derivatisation with o-phthaldialdehyde and N-isobutyrylcysteine in seawater and fossil samples (mollusks). J. Chromatogr. A 832: 123–132.

GOPEL, W. 1998. Bioelectronics and nanotechnologies. Biosens, Bioelectron, 13: 723–728.

GUO, M., CHEN, J., LIU, D, NIE, L. and YAO, S. 2004. Electrochemical characteristics of the immobilization of calf thymus DNA molecules on multi-walled carbon nanotubes. Bioelectrochem., 62: 29–35.

HAHM, J. and LIEBER, C. M. 2004. Direct ultrasensitive electrical detection of DNA and DNA sequence variations using nanowire nanosensors. Nano Lett., 4: 51–54.

HANAOKA, S., LIN, J. and YAMAD, M. 2000. Chemiluminescence behavior of the decomposition of hydrogen peroxide catalyzed by copper(II)–amino acid complexes and its application to the determination of tryptophan and phenylalanine. Anal. Chim. Acta, 409: 65–73.

KARADENIZ H., ERDEM A., CALISKAN A., PEREIRA C. M., PEREIRA E. M. and RIBIERO J. A. 2007a. Electrochemical sensing of silver tags labelled DNA immobilized onto disposable graphite electrodes. Electrohem. Commun., 9: 2167–2173.

KARIMI-MALEH, H., TAHERNEJAD-JAVAZMI, F., ATAR, N., YOLA, M.L.T., GUPTA, V.K.and ENSAFI, A.A. 2015. A novel DNA biosensor based on a pencil graphite electrodemodified with polypyrrole/functionalized multiwalled carbon nanotubes for determination of 6- mercaptopurine anticancer drug. Ind. Eng. Chem. Res, 54: 3634–3639.

KHALEGHI, F., IRAI, A.E., GUPTA, V.K., AGARWAL, S., BIJAD, M., M. ABBASGHORBANI. 2016. Highly sensitive nanostructure voltammetric sensor employing Pt/CNTs and 1-butyl-3-methylimidazolium hexafluoro phosphate for determination of tryptophan in food and pharmaceutical

samples. Journal of Molecular Liquids, 223: 431-435.
KOCHEN, W., STEINHART, H. 1994 l-Tryptophan Current Prospects in Medicine and Drug Safety, de-Gruyter, Berlin,.
KOEHNE, J. E., CHEN, H., CASSELL, A. M., YE, Q., HAN, J., MEYYAPPAN, M. and LI, J. 2004, Miniaturized multiplex label-free electronic chip for rapid nucleic acid analysis based on carbon nanotube nanoelectrode arrays, Clin. Chem., 50: 1886–1893.
LANDRY, J., DELHAYE, S. and JONES, D. 1992. Determination of tryptophan in feedstuffs: comparison of two methods of hydrolysis prior to HPLC analysis. J. Sci. Food Agric, 58: 439–441.
LEHN, J. M. 1999. Supramolecular Chemistry/Science-Some Conjectures And Perspectives. 287–304, Kluwer, Dordrect.
LIANG, Y.D. and SONG, J.-F. 2005. Flow-injection chemiluminescence determination of tryptophan through its peroxidation and epoxidation by peroxynitrous acid. J. Pharm. Biomed. Anal, 38: 100–106.
LUO, X. L., MORRIN, A., KILLARD, A. J. and SMYTH, M R. 2006. Application of nanoparticles in electrochemical sensors and biosensors. Electroanalysis, 18 (4): 319–326.
MATTHEWS, O. A., SHIPWAY, A. N. and STODDART, J. F. 1998. Dendrimers-branching out from curiosities into new Technologies. J. F. Prog. Polym. Sci., 23: 1–56.
Mc FARLAND, A. D. and VAN DUYNE, R. P. 2003. Single silver nanoparticles as realtime optical sensors with zeptomole sensitivity. Nano Lett., 3: 1057–1062.
MERKOCI, A., PUMERA, M., LLOPIS, X., PEREZ, B., VALE, M. and ALEGRET, S. 2005. New materials for electrochemical sensing VI: Carbon nanotubes. Trends Anal. Chem., 24: 826–838.
MUSAMEH, M., WANG, J., MERKOCI, A. and LIN, Y. 2002. Low-potential stable NADH detection at carbon-nanotube-modified glassy carbon electrodes. Electrochem. Commun., 4: 743–746.
NAN, C.G., FENG, Z.Z., LI, W.X., PING, D.J. and QIN, C.H. 2002. Electrochemical behavior of tryptophan and its derivatives at glassy carbon electrode modified with hemin. Anal. Chim. Acta, 452: 245–254.
NIEMEYER, C. M. 1997. DNA as a material for nanotechnology. Angew. Chem., 39: 585–587.
OZCAN, A. and SAHIN, Y. 2012. A novel approach for the selective determination of tryptophan in blood serum in the presence of tyrosine based on the electrochemical reduction of oxidation product of tryptophan formed in situ on graphite electrode. Biosens. Bioelectron, 31: 26–31.
OZSOZ, M., ERDEM, A., KERMAN, K., OZKAN, D., TUGRUL, B., TOPCUOGLU, N., ERKEN H. and TAYLAN, M. 2003. Electrochemical genosensor based on colloidal gold nanoparticles for the detection of factor v leiden mutation using disposable pencil graphite electrodes. Anal. Chem., 75: 2181–2187.
RAVINDRAN, S., CHAUDHARY, S., COLBURN, B., OZKAN, M. and

OZKAN, C. S. 2003. Covalent coupling of quantum dots to multiwalled carbon nanotubes for electronic device applications. Nano. Lett., 3: 447–453.

SALEM, A. K., CHAO, J., LEONG, K. W. and SEARSON, P. C. 2004. Receptor- mediated self-assembly of multi-component magnetic nanowires. Adv. Mater., 16: 268–271.

SALLEE, M., DOU, L., CERINI, C., POITEVIN, S., BRUNET, P. and BURTEY, S. 2014. The Aryl Hydrocarbon Receptor-Activating Effect of Uremic Toxins from Tryptophan Metabolism: A New Concept to Understand Cardiovascular Complications of Chronic Kidney Disease. Toxins, 6: 934–949.

SANGHAVI, B.J., HIRSCH, G., KARNA, S.P. and SRIVASTAVA, A.K. 2012. Potentiometric stripping analysis of methyl and ethyl parathion employing carbon nanoparticles and halloysite nanoclay modified carbon paste electrode. Anal. Chim. Acta, 735: 37–45.

SANGHAVI, B.J., MOORE, J.A., CHÁVEZ, J.L., HAGEN, J.A., KELLEY-LOUGHNANE, N., CHOU, C.-F. and SWAMI, N.S. 2016 Aptamer-functionalized nanoparticles for surface immobilization-free electrochemica detection of cortisol in a microfluidic device. Biosens. Bioelectron, 78: 244–252.

SANGHAVI, B.J., SITAULA, S., GRIEP, M.H., KARNA, S.P., ALI, M.F. and SWAMI, N.S. 2013. Real-time electrochemical monitoring of adenosine triphosphate in the picomolar to micromolar range using graphene-modified electrodes. Anal. Chem, 85: 8158–8165.

SERVILLO, L., COLONNA, G., BALESTIERI, C., RAGONE, R. and IRACE, G. 1982. Simultaneous determination of tyrosine and tryptophan residues in proteins by second-derivative spectroscopy. Anal. Biochem, 126: 251–257.

SHAHROKHIAN S. and FOTOUHI L. 2007. Carbon paste electrode incorporating multi-walled carbon nanotube/cobalt salophen for sensitive voltammetric determination of tryptophan. Sensors and Actuators B, 123: 942–949.

SKOOG, D. A., WEST , D. A., HOLLER F. J. Çeviri Editörleri; Pr Skoog, D. A., WEST , D. A., HOLLER F. J. Çeviri Editörleri; Prof. Dr. Esma KILIC, Prof. Dr. Fitnat KOSEOGLU. 1996. Analitik Kimyanın Temelleri. Bilim Yayıncılık, 7. Baskı, 550, Ankara.

SOTO, M.E., ARES, A.M., BERNAL, J., NOZAL, M.J. and BERNAL, J.L. 2011. Simultaneous determination of tryptophan, kynurenine, kynurenic and xanthurenic acids in honey by liquid chromatography with diode array, fluorescence and tandem mass spectrometry detection J. Chromatogr, A 1218: 7592–7600.

SWANN, L.M., FORBES, S.L. and LEWIS, S.W. 2010. A capillary electrophoresis method for the determination of selected biogenic amines and amino acids in mammalian decomposition fluid. Talanta, 81: 1697–1702.

TANG, X., LIU, Y., HOU, H. and YOU, T. 2010 Electrochemical determination of L-tryptophan, Ltyrosine and L-cysteine using electrospun carbon nanofibers modified electrode. Talanta, 80: 2182–2186.

WILDGOOSE, G. G., BANKS, C. E., Leventis, H. C., Compton, R. G. 2006.

Chemically modified carbon nanotubes for use in electroanalysis. Microchim. Acta, 152: 187–193.

WU, K., FEI, J., BAI, W. and HU, S. 2003. Direct electrochemistry of DNA, guanine and adenine at a nanostructured film-modified electrode. Anal. Bioanal. Chem., 376: 205–209.

YAGHOUBIAN, H., KARIMI-MALEH, H., KHALILZADEH, M.A. and KARIMI, F. 2009. Electrocatalytic oxidation of levodopa at a ferrocene modified carbon nanotube paste electrode. Int. J. Electrochem, Sci. 4: 993–1003.

YAPAŞAN, E., ALISKAN, A., KARADENIZ, H. and ERDEM, A. 2010. Electrochemical investigation of biomolecular interactions between platinum derivatives and DNA by carbon nanotubes modified sensors. Materials Science and Engineering B, 169: 169–173.

YOLA, M.L., GUPTA, V.K. and ATAR, N. 2016. Newmolecular imprinted voltammetric sensor for determination of ochratoxin. A, Mater. Sci. Eng, C 61: 368–375.

YUST, M., PEDROCHE, J., GIRÓN, J., JAVIER. C., FRANCISCO, V. and MANUELALAIZ M. 2004. Determination of tryptophan by high-performance liquid chromatography of alkaline hydrolysates with spectrophotometric detection. Food Chem, 85: 317–320.

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Fatoş BİLEM
**Uyruğu** : T.C.
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Mardin, 1992
**Bölüm** : Kimya
**Enstitü** : Fen Bilimleri Enstitüsü
**Ana Bilim Dalı** : Kimya
**Telefon** : 05437729010
**e-mail** : fts_ufb@hotmail.com

## EĞİTİM

| Derece | | Adı, İlçe, İl | Bitirme Yılı |
|---|---|---|---|
| Lise | : | Yeşilköy 50. Yıl Lisesi, İstanbul | 2010 |
| Üniversite | : | Harran Üniversitesi, Merkez, Şanlıurfa | 2014 |
| Yüksek lisans | : | Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. | 2018 |

## UZMANLIK ALANI

Analitik Kimya

## YABANCI DİLLER

İngilizce