Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(3), ss. 603-611, Eylül 2023
Cukurova University Journal of the Faculty of Engineering, 38(3), pp. 603-611, September 2023

Diospyros kaki L. Kabukları Sulu Ekstraktı Kullanılarak Çinko Oksit Nanopartiküllerinin Yeşil Sentezi ve Karakterizasyonu

Sultan TÜRKOĞLU[*1] ORCID *0000-0002-5204-5003*
Remziye Aysun KEPEKÇİ[2] ORCID *0000-0002-7156-5741*
Olcayto KESKİNKAN[1] ORCID *0000-0001-8995-756X*

[1]*Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana*
[2]*Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Gaziantep*

Geliş tarihi: 01.06.2023 Kabul tarihi: 29.09.2023

Atıf şekli/ How to cite: TÜRKOĞLU, S., KEPEKÇİ, R.A., KESKİNKAN, O., (2023). Diospyros kaki L. Kabukları Sulu Ekstraktı Kullanılarak Çinko Oksit Nanopartiküllerinin Yeşil Sentezi ve Karakterizasyonu. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(3), 603-611.

Öz

Son yıllarda insan sağlığına ve çevreye en az etkisinden dolayı yeşil sentez oldukça dikkat çekmektedir. Yeşil sentez ile nanopartikül üretiminde mantarlar, bitkiler ve mikroorganizmalar kullanılır. Diğer yöntemlere alternatif olarak bitkileri kullanarak nanoparçacık sentezi, sentezinin kolaylığı, düşük maliyeti ve çevre dostu olması ile oldukça önemlidir. Bu teknikle üretilen metal oksit nanopartikülleri birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışma ile *Diospryros kaki* (Trabzon hurması) meyvesinin kurutulmuş kabukları ile yeşil sentez yolu ile nanopartikül sentezlenmiş ve optimum koşulları belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda farklı pH (2, 6, 8, 10) ve sıcaklık (40 °C, 60 °C ve 80 °C) koşullarında çinko nanopartiküllerin üretimi deneyleri yapılmış ve elde edilen nanopartiküller karakterize edilmiştir. UV-görünür spektrofotometre, SEM, Zetasizer ve EDAX analizlerinden elde edilen sonuçlar nanopartikül sentezindeki optimal koşulları belirlemek için kullanılmıştır. Optimum nanoparçacık üretimi için uygun pH değerinin 10 ve reaksiyon sıcaklığının 60 °C olduğu kanıtlanmıştır. Üretilen nanoparçacık boyutu 168 nm olarak belirlenmiştir. Elde edilen nanoparçacıklar nanotıp uygulamaları için uygun bir malzeme olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Nanopartiküller, Metal nanopartiküller, Yeşil kimya teknolojisi

Green Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles Using *Diospyros kaki L.* Bark Aqueous Extract

Abstract

In recent years, green synthesis has attracted a lot of attention due to its minimal impact on human health and the environment. Fungi, plants and microorganisms, are used in the production of nanoparticles by green synthesis. Nanoparticle synthesis using plants as an alternative to other methods is very important because of its ease of synthesis, low cost and environmental friendliness. Metal oxide nanoparticles produced by this technique are used in many fields. In this study, nanoparticles were synthesized from the dried peels of *Diospyros kaki* (Persimmon) by green synthesis and their optimum conditions were

[*]Sorumlu yazar (Corresponding Author): Sultan TÜRKOĞLU, *sultanturkogl@gmail.com*

determined. For this purpose, zinc nanoparticles production experiments were carried out under different pH (2, 6, 8, 10) and temperature (40 °C, 60 °C and 80 °C) conditions and the obtained nanoparticles were characterized. The obtained results of UV-visible spectrophotometry, SEM, Zetasizer and EDAX analyzes were used to determine optimal conditions in nanoparticle synthesis. It has been proven that the appropriate pH value for optimal nanoparticle production is 10 and the reaction temperature is 60 °C. The produced nanoparticle size was determined as 168 nm. The obtained nanoparticles can be used as a suitable material for nanomedicine applications.

Keywords: Nanoparticle, Metal nanoparticles, Green chemistry technology

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji, nano ölçekte malzeme ve cihazların sentezi, karakterizasyonu ve uygulamasına odaklanmış uygulamalı bir bilim alanıdır. Nano kelimesi yunanca bir kelime kökünden gelip cüce anlamına gelmektedir. Nanometre metrenin milyarda birine eşit bir uzunluktur. Nanoteknoloji, 1 ila 100 nanometre skalasında maddenin atomik ve moleküler sıralamasının değiştirmesi ile maddeye yeni özellikler kazanılması işlemidir [1].

Nanoteknoloji kelimesi çok güncel bir konu olmasına rağmen tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Ünlü fizikçi Richard Feynman Amerikan Teknoloji Enstitüsü'ndeki o ünlü konuşması ile "There is plenty of rooms at the bottom" (Alt kısımda birçok oda var) diyerek nanoteknolojin geleceğin teknolojisi olacağına atıfta bulunmuştur [2].

Nanopartikül işlemlerinde madde çeşitli işlemlerle nano boyuta geldiğinde bambaşka bir formasyona dönüşür. Maddenin mekanik, elektromanyetik, fiziksel ve kimyasal özellikleri değişerek atomlar arası kuantum etkiler devreye girer [3].

Nanometre boyut aralığı 1-1000 nm arasındadır. Ama 1-100 nm arasındaki boyut nanoteknoloji açısından esastır. Maddenin bu boyut aralığında yüzey alanı genişler ve yüzeydeki birim alana düşen atom sayısı artar. Parçacık boyutu azaldığı için kuantum mekaniğinin alanına girmesi maddeye bambaşka özellikler kazandırır [4]. Örneğin altın metali nano hale geldiği zaman renk değiştir, mavi ya da kırmızı hale dönebilir.

Maddenin özelliğinin değişmesinden ve boyutundan ötürü birçok alanda nano maddeler kullanılmaya başlanmıştır. Savunma, havacılık, uzay, sanayi, kimya, tıp, biyoloji gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Temel olarak nanopartikül (NP) sentezlenmesinde iki başlık halinde incelemek mümkündür. Bunlardan birincisi "aşağıdan yukarıya," ikincisi "yukarıdan aşağıya" adı verilen yöntemlerdir. Yukarıdan aşağıya yöntemi daha çok fiziksel müdahaleler sonucu maddenin büyük halinden küçük (nano) haline getirilmesidir. Aşağıdan yukarıya metodunda ise moleküller, atomlar bir takım kimyasal tepkimler yolu ile büyütülmesi işlemidir. Aşağıdan yukarıya olan metot işlemleri daha çok kimyasal olup, yukarıdan aşağıya olan metot işlemleri fizikseldir. Yukarıdan aşağıya olan metotlar: Mekanik öğütme, kimyasal aşındırma, sıcaklık/lazer uzaklaştırma, püskürtme olarak örneklendirilir. Aşağıdan yukarıya olan metotlar: Buhar biriktirme, kimyasal çöktürme, atomik/moleküler yoğunlaştırma, sol-jel metodu, sprey proliz, lazer piroliz, aerosol prosesler ve yeşil sentez metodudur [5]. Yukarıda sıralanan tüm metotlar yeşil sentez hariç hem maliyet açısından hem de toksik yan madde oluşumu açısından dezavantajlıdır. Yeşil sentez metodu diğer kimyasal ve fiziksel metotlarda üretilen nanopartiküllere göre çevreye uyumlu, toksik maddesi olmayan, maliyeti az olan bir metottur [6].

Nanopartiküllerin yeşil sentezinde mikroorganizmalar, bitkiler, bitki yaprakları, bitki gövdeleri, meyveleri ve deniz algleri kullanılmaktadır.

Yeşil sentez metodu, organizmaların içeriğinde bulunan vitaminler, proteinler, enzimler, fitokimyasallar (alkolidler, fenolikler, gilikosidler vb.) gibi çeşitli biyomoleküllerin metalleri indirgemesine dayanır [7,8]. Bu iyonları

indirgemek için bitki ekstrakt'ının kullanılması 1900'lü yıllardan beri bilinen bir metottur. Ama prosesteki indirgeyici ajanların doğası hala tartışmalı ve belirsizdir.

Trabzon hurması şu an ülkemizde birçok iklim koşullarına uyum sağlamış olan bir bitki olup, ticari olarak ülkemize Trabzon'dan girmiş olmasından dolayı ismi "Trabzon Hurması"dır. Çoğu bölgelerde cennet meyvesi adı ile adlandırılır. Bu türün en yaygın olduğu yer Karadeniz'dir.

Bu meyve türleri çok farklılık göstermesinden dolayı tüketimin arttırılması planlanmaktadır [9].

Trabzon hurması birçok vitamin, polifenol, karotenoidler bakımından yoğun olduğu için eski zamanlarda da şimdi de hem kurutularak hem de taze olarak tüketilir [10]. Ayrıca gıda sanayisinde de çok kullanır, bununla beraber yaprakları kurutularak ya da yaş bir şekilde çay olarak da kullanılır [11].

Ülkemize ne zaman getirildiği kesin olarak bilinmemekle birlikte çok eskiden beri yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Dünyada hızlı sanayileşme ve nüfusun artması ile çok ciddi bir atık problemi sorunu ile karşılaşılmıştır. Bu atık miktarı içinde bitkisel atıklar olarak tanımlanan çiçekler, ağaçlar v.b mevcuttur. Artan bitkisel atıkları yeni teknolojik ürünlere dönüştürülmesi önemlidir [12,13]. Birçok bitkide Kabuk-meyve oranının %15-10 arasında olduğu bilinmektedir [14]. Trabzon Hurması Türkiye'de ortalama 2019 yılında üretimi 51 bin ton civarındadır. Buna göre çöpe giden hurma kabuğu miktarı yıllık ortalama 5 bin tondur [14].

Hurma kabuğunun içerdiği önemli fenolik ve diğer değerli bileşenlerden dolayı değerlendirilmesi ve yapılan literatür çalışmalarında hurma kabuğu ile ilgili bir çalışma olmaması çalışmanın özgünlüğü açısından oldukça önem arz etmektedir. Daha önce Trabzon hurması kabukları yoluyla nanoopartikül sentezlenmesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma ile ilk kez bu atık materyalden katma değeri yüksek nano boyutta bir ürün üretilmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. *Diospryros kaki* Ekstraktının Hazırlanması

Çalışma kapsamında kullanılacak olan ***Diospyros kaki* L. (**Trabzon Hurması) bitkisi, Gaziantep il sınırları içerisinde çeşitli manav ve marketlerden temin edildi. Trabzon Hurması kabuklarından Rao ve diğ., tarafından önerilen yönteme göre özüt hazırlandı [15]. İlk olarak hurma kabukları soyulup saf su ile iyice yıkandı. Yıkandıktan sonra oda sıcaklığında 7 gün kurutuldu ve mekanik parçalayıcıda küçük parçalara ayrılması sağlandı. Kurutulan kabuklardan 20 gram tartıldı ve üzerine 100 mL su ve 25 mL %70'lik etil alkol ilave edildi. Manyetik karıştırıcı üzerinde 65 °C'de 1 saat hem ısıtma hem de karıştırma işlemi uygulanarak sabit sıcaklıkta özüt hazırlandı. Elde edilen özüt 1 saat boyunca oda sıcaklığında bekletildi, sonrasında süzgeçten geçirildikten sonra 3 defa oda sıcaklığında 1500 rpm'de 15'er dk. santrifuj uygulandı (Şekil 1). Elde edilen süpernatant +4 °C'de koyu renkli cam şişelerde muhafaza edildi [15].



Şekil 1. *Diospyros kaki* kabuklarından özüt hazırlanması **A**: *Diospyros kaki (*Trabzon hurması) **B**: Meyve kabuklarının kurutulması **C**:Kurutulmuş kabukların küçük parçacıklara ayrılması **D**: NP üretimi için hazırlanan özüt

2.2. Yeşil Sentez Yolu ile Çinko Nanopartikülünün Sentezlenmesi

ZnONP'lerin sentez reaksiyonunda, Trabzon Hurması kabuklarından elde edilen sulu ekstrakt indirgeyici-stabilize ajan olarak kullanıldı. NP üretiminin optimum koşullarının belirlenmesi için

farklı pH koşulları ve farklı sıcaklıklarda üretim yapıldı. Öncelikle sentezin ilk aşamasında, sabit konsantrasyondaki (%1 (m/m)) $ZnCI_2$ (Çinko Klorür) çözeltisine bitki özütü (20 ml) damla damla ilave edildi. Sonrasında pH (pH:2, pH:6, pH:8 ve pH:10) ayarlaması HCI ve NaOH ile yapılmış olup optimizasyon için belirlenen reaksiyon sıcaklığında (40 °C, 60 °C ve 80 °C) manyetik karıştırıcıda hem ısıtma (2 saat) hem karıştırma (250 rpm) işlemleri uygulandı. Bu işlemden sonra elde edilen ürünler (ZnO NP'ler) oda sıcaklığında karanlıkta 12-15 saat muhafaza edildi [16].

12-15 saat bekletilen ürünler iki sefer saf su ile bir kerede etil alkol kullanılarak santrifüj edildi (4000 rpm-15'er dk). Bu şekilde üretilen NP'ler saf bir hale getirildi. Santrifüj işleminden sonra biyosentezlenen Çinko Nanopartikülleri etüvde 24 saat 80-90°C'de sıcaklık altında kurutuldu. Elde edilen nanopartiküller analiz edilene kadar desikatörde karakterizasyon işlemleri yapılana kadar saklandı.

2.3 Optimizasyon Çalışmaları

Optimizasyon kapsamında şu çalışmalar yapılmıştır;

- 40 °C inkübasyon şartlarında pH:2, pH:6, pH:8 ve pH:10 NP üretimi
- 60 °C inkübasyon şartlarında pH:2, pH:6, pH:8 ve pH:10 NP üretimi
- 80 °C inkübasyon şartlarında pH:2, pH:6, pH:8 ve pH:10 NP üretimi

2.4 Çinko Oksit Nanopartiküllerinin Karakterizasyonu

Çinko Nanaopartiküllerin 200-800 nm dalga boyu arasındaki absorbans değerleri UV-visible spektrofotometrede (WTW PhotoLab® 7600 UV-VIS, Xylem Analytics, Germany) analiz edildi. Partikül şekli ve boyutu Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) (Quanta 400F Field Emission, Thermo Scientific, ABD) ile ölçüldü. Biyosentezlenen nanopartiküllerin elemental bileşiğini görmek için Enerji Dağılımı X-ray Analizi (EDAX) (Zeıss Leo 1430 VP, Carl Zeiss AG, Germany) kullanıldı. Sentezlenen ZnONPs'nin boyut dağılımları ZetaSizer cihazı (Malvern ZetaSızer Nano ZEN3600, Carl Zeiss, Germany) ile ölçüldü.

3. BULGULAR

3.1. UV-VIS Spektroskopi

Bu çalışmada yeşil sentez metodu ile ZnONP sentezinde optimum koşulların saptanması amacıyla pH ve sıcaklık parametreleri incelenmiş ve bunlar arasından optimum koşulu sağlayan değerler seçilmiştir.

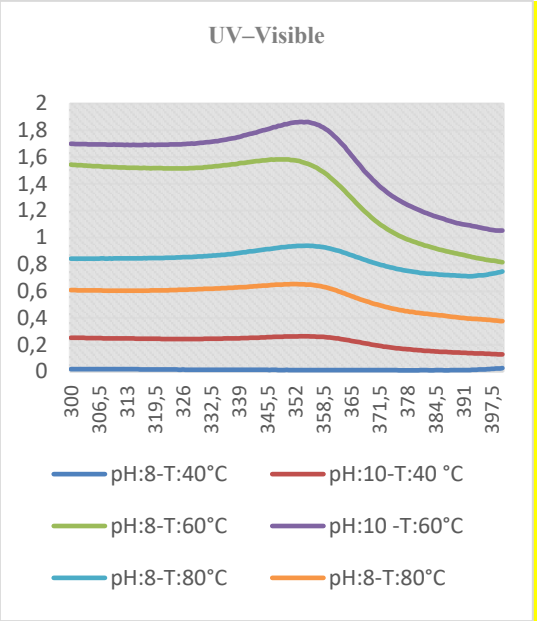
Çizelge 1. Optimizasyon Çalışmaları

pH	**Sıcaklık**		
	40 °C	**60** °C	**80** °C
pH:2	NP Oluşumu gözlenmedi	NP Oluşumu gözlenmedi	NP Oluşumu gözlenmedi
pH:6	NP Oluşumu gözlenmedi	NP Oluşumu gözlenmedi	NP Oluşumu gözlenmedi
pH:8	NP Gözlendi	NP Gözlendi	NP Gözlendi
pH:10	NP Gözlendi	NP Gözlendi	NP Gözlendi

Tüm bu çalışmalarda reaksiyon takibi, reaksiyon ortamından alınan örneklerin UV-VIS spektrofotometre'de distile suya karşı baz alınarak 300-400 nm dalga boyu aralığında verdikleri absorpsiyon değerlerinin incelenmesiyle yapılmıştır. pH:2 ve pH:6 koşullarında NP üretimi olmadığından (Çizelge 1). pH:8 ve üzerindeki koşullarda üretilen NP'lerin spektrofotometre cihazında (WTW PhotoLab® 7600 UV-VIS) maksimum absorpsiyonunun olduğu dalga boyları belirlenmiştir (Şekil 2).

Literatürdeki diğer çalışmalar Çinko nanopartiküllerin sentezinin doğruluğunu 330-380 nm arasındaki dalga boyları arasında maksimum absorbans değerinin tespit edilmesiyle doğrulanacağını ifade etmektedir [17,18]. Şekil 2 incelendiği zaman farklı koşullarda üretilen NP'nin ortalama 350-366 arası maksimum absorbans verdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte pH:10-T:60 °C ve pH:8-T:60 °C koşullarında

biyosentezlenen NP'lerin 358-360 nm aralığında en yüksek absorbansı vererek grafikte keskin ve net bir pik oluşturduğu görülmektedir.

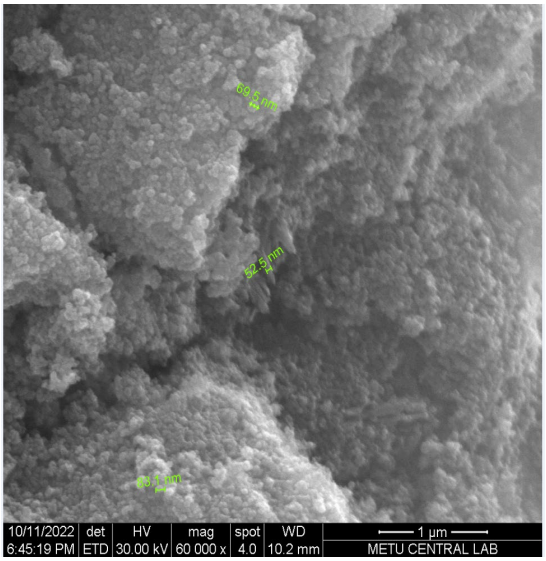


Şekil 2. Farklı koşullarda üretilen ZnONP'lerin farklı dalga boylarında UV visible spektrofotometrede elde edilen absorbans değerleri

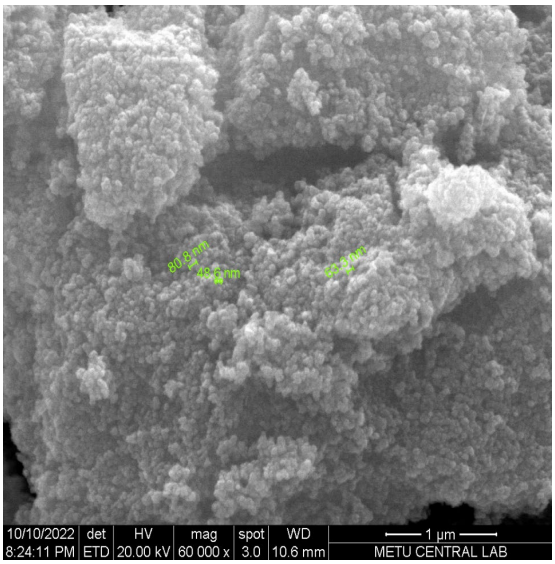
3.2. SEM ve EDAX Analizi

UV sonuçları ile pH:10-T:60°C ve pH:8-T:60°C de koşullarının dışında sentezlenen NP'ler elenmiş olup bu iki koşulda üretilen NP'lerin SEM ve EDAX analizi yapılmıştır.

SEM cihazı ile görüntülenen çinko Nanopartiküllerin sıkı bir şekilde homojen bir dağılım sergilediği ve literatür ile değerlendirildiğinde de küresel şekilde olduğu görülmüştür (Şekil 3 ve 4). Literatürde örneğin *Saponaria officinalis (S. officinalis)* otu tarafından üretilen ZnONP'nin SEM görüntüleri için küresel formda, pürüzlü örtü ile kaplı ve partikül boyutu 20–80 nm aralığında belirlendi [19]. Bir çalışmada da *Aloe vera* yapraklarından elde edilen ZnONP'lerin SEM görüntüsü küresel formda ve partikül boyutu 25-65 nm aralığında olduğu tespit edildi [20].



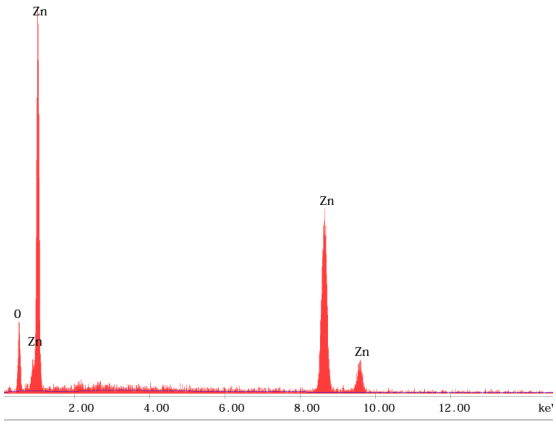
Şekil 3. pH:8,T:60 °C'da üretilen NP'nin SEM görüntüsü



Şekil 4. pH:10, T:60 °C'da üretilen NP'nin SEM görüntüsü

Biyosentezlenen nanopartiküllerin kimyasal yapısını aydınlatmak amacıyla yapılan EDAX mikrograflarına bakıldığında, numunede Zn ve O dışında başka element için pik çıkmaması biyosentezlenen nanopartiküllerin saflığını göstermektedir (Şekil 5 ve 6). Ayrıca bu analize ait verilerden, sentezlenen ZnO NP'lerin % bileşiminin

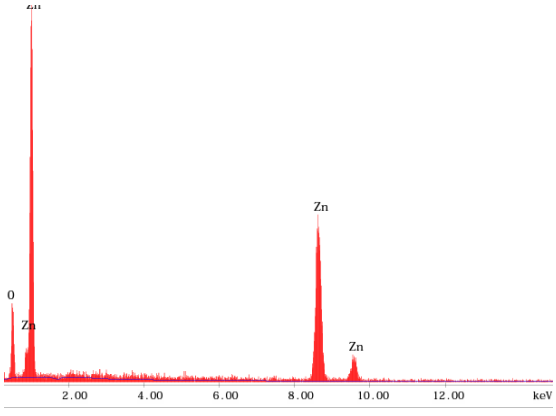
yaklaşık olarak ZnO molekülünün teorik bileşimi (%75 Zn, %25 O) ile aynı olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte 0,5 KeV'de tanımlanan bir O tepe noktası ve 1,8 -8,4 ve 9,8 KeV 'de tanımlanan üç adet Zn tepe noktasının ZnONP olduğunu doğrulamaktadır [21].



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
O K	20.15	50.76	0.0597	1.1247	0.2628	1.0022
ZnK	79.85	49.24	0.7712	0.9592	1.0069	1.0000
Total	100.00	100.00				

Şekil 5. pH:8, T:60 °C da üretilen NP'nin EDAX görüntüsü



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

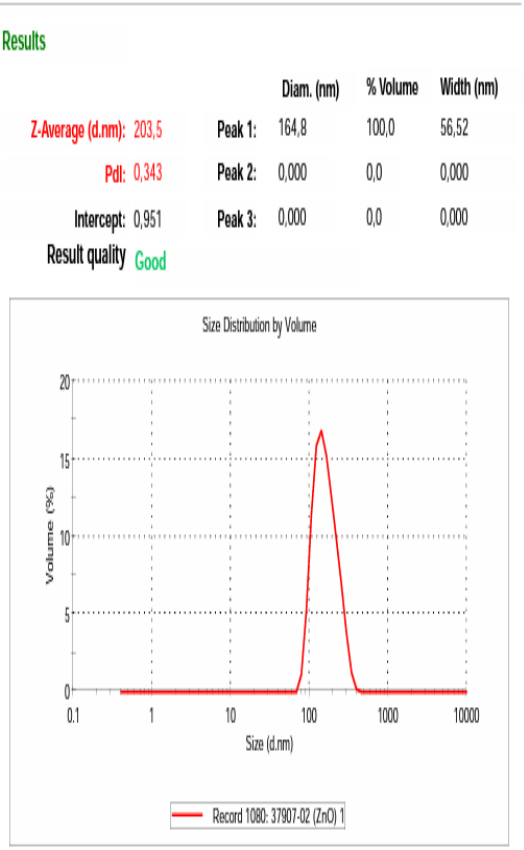
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
O K	24.17	56.57	0.0736	1.1168	0.2720	1.0020
ZnK	75.83	43.43	0.7277	0.9517	1.0083	1.0000
Total	100.00	100.00				

Şekil 6. pH:10, T:60 °C'da üretilen NP'nin EDAX görüntüsü

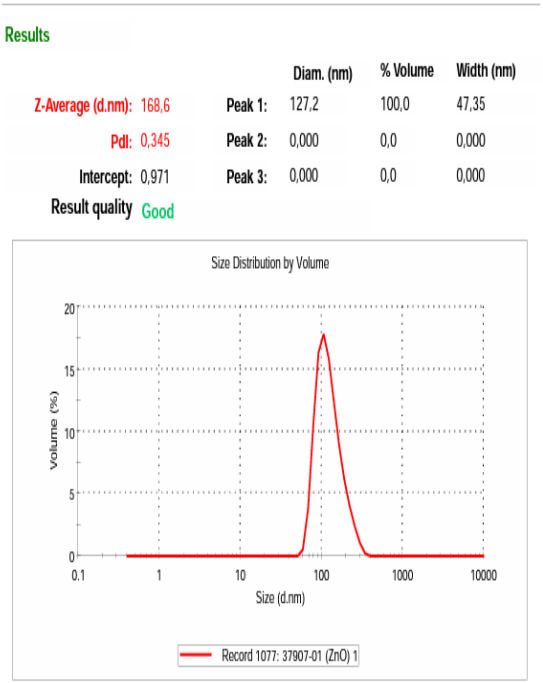
3.3 Parçacık Boyut Dağılımı

UV sonuçları ile pH:10-T:60 °C ve pH:8-T: 60 °C' de koşullarının dışında sentezlenen NP'ler elenmiş olup bu iki koşulda üretilen NP'lerin Zetasizer ile boyut analizi yapılmıştır.

Zetasizer sonuçlarında PDI (Polidisperse) değerinin 0,4'den düşük olması oldukça önem arz etmektedir. Bu değerin 0,4'den küçük olması boyut verilerin homojen olduğunun, 0,7'den büyük olması ise geniş partikül boyut dağılımına sahip olduğunun göstergesidir [16]. pH:8-T:60 °C biyosentezlenen NP'lerin Zetasizer sonuçlarında boyut analizi 203 nm olup PDI değeri 0,4'den düşüktür (Şekil 7). pH:10-T:60 °C biyosentezlenen NP'lerin Zetasizer sonuçlarında boyut analizi 168 nm olup PDI değeri 0,4'den düşüktür (Şekil 8).



Şekil 7. pH:8, T:60 °C'da üretilen NP'nin Boyut analizi



Şekil 8. pH:10, T:60°C'da üretilen NP'nin Boyut analizi

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmada biyosentezlenen ZnONP, karakterizasyonu ve yapısal özellikleri UV-VIS spektroskopisi, SEM, EDAX ve boyut analizi ile incelenmiştir.

Bu kapsamda çinko nanopartiküllerin biyosentezi için ilk olarak çeşitli parametrelere dair farklı ortam koşulları denenerek optimal üretim koşulları saptanması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda

- 40 °C inkübasyon şartlarında pH:2, pH:6, pH:8 ve pH:10 NP üretimi
- 60 °C inkübasyon şartlarında pH:2, pH:6, pH:8 ve pH:10 NP üretimi
- 80 °C inkübasyon şartlarında pH:2, pH:6, pH:8 ve pH:10 NP üretimi yapılmıştır

Önce pH denemeleri yapılmış olup pH:8'den küçük değerlerde NP oluşumumdaki ilk kanıt olan NP oluşumuna özgü renk değişimi gözlenmemiştir. Dolayısı ile de NP oluşumu da olmamıştır. pH:8'de NP'nin oluşumun ilk aşaması olan beyaz renk çözeltisinin oluşması reaksiyonun başlamasının tipik bir örneğidir. Asidik ortamdan bazik ortama gidildikçe biyosentezlenen nanopartikül oranı artmıştır. pH:8'den NP'nin oluşumu kalitatif olarak renk değişiminin gözlenmesi ile tespit edilmiş, sonrasında ise yapılan UV, EDAX, SEM, boyut analizi ile de bu durum kanıtlanmıştır. Bazik ortamda gözlenen bu olumlu gelişme, bitki ekstraktı bünyesindeki fenolik yapıların iyonizasyonuna bağlanmıştır [22].

UV-VIS spektrofotometrede ZnONPs'nin maksimum absorbans verdikleri dalga boyu literatürde 330 ve 370 nm olarak belirtilmiştir [23]. Çinko nanopartüllerin 330 ile 380 nm arasındaki absorbans değerleri partiküllerin sentezlerinin gerçekleştirildiğini göstermektedir [17]. Bununla birlikte literatür spektrofotometre sonuçlarında absopsiyon piklerinin simetrik keskin ve net olmasını baz almaktadır [16].

Farklı üretim koşullarında üretilen NP'lerin spektrofotometre sonuçlarına göre (Şekil 2) pH:10-T:60 °C ve pH:8-T:60 °C'de koşullarında sentezlenen NP'lerin absorbans aralığı 358-360 nm arasında keskin ve net bir pik verdiği görülmüştür. Diğer üretim şartlarında üretilen NP'lerin bu kriterlere uymadığından optimal koşulların dışında kalmıştır.

pH:8-T:60 °C biyosentezlenen NP boyutu da 203 nm olduğu görülmüştür (Şekil 8). pH:10-T:60 °C ve biyosentezlenen NP'lerin Zetasizer sonuçlarında boyut analizi 168 nm (Şekil 7) olup PDI değeri 0,4 den düşüktür. Literatürdeki birçok çalışma 200 nm'den daha küçük boyutta olan nanopartiküllerin nanotıp uygulamaları için uygun olduğunu bildirmektedir [23]. Yapılan optimal koşul denemelerinde yukarıdaki deney sonuçlarında da görüldüğü gibi pH:10-T:60 °C reaksiyon koşulları *Diospryros kaki* kabukları kullanılarak yapılan NP üretiminde en optimal koşul seçilmiş olup yeşil sentez yolu ile optimal koşullarda üretilen bu çinko nanopartikülü nanotıp uygulamalarında kullanılabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Çıracı, S., Özbay, E., Gülseren, O., Demir, H. V., Bayındır, M., Oral, A., Senger, T., Aydınlı, A., Dana, A., 2005. Türkiye'de Nanoteknoloji: TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 4-23.

2. Feynman, R.P., 1999. The Relation of Science and Religion. The Pleasure of Finding Things Out. Helix Books. Perseus, Cambridge, Massachusetts, 245-257.

3. Ayas, O., 2015. Nanobilim ve Nanoteknoloji Yöntemleri ile Tekstil Yüzeylerine Kazandırılan Çoklu Fonksiyonel Özelliklerinin, Karakterizasyon Yöntemlerinin ve Kullanım Alanlarının Araştırılması Üzerine Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 95.

4. Pande, M., Bhaskarwar, A.N., 2016. Nanoparticles. Preparation and Characterization. Momentum Press, 72.

5. Bilgili, B., 2014. Gümüş Nanopartiküllerin (AgNP) Sentezi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Kimya Anabilim Dalı, Muğla, 58.

6. Sepeur, S., 2008. Nanotechnology Technical Basics and Applications: Vincentz Network GmbH, Co KG, Germany, 122.

7. Mittal, A.K., Chisti, Y., Banerjee, U.C., 2013. Synthesis of Metallic Nanoparticles Using Plant Extracts. Biotechnology Advances, 31, 346-356.

8. Dahl, J.A., Maddux, B.L., Hutchison, J.E., 2007. Toward Greener Nanosynthesis. Chemical Reviews, 107, 2228-2269.

9. Tuzcu, Ö., Yıldırım, B., 2000. Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) ve Yetiştiriciliği: TÜBİTAK Tarım Yayınları, Adana, 24.

10. Luo, Z., 2006. Extending Shelf-Life of Persimmon (*Diospyros kaki* L.) Fruit By Hot Air Treatment. European Food Research and Technology, 222, 149-154.

11. Matsumoto, T., Mochida, K., Itamura, H. Sakai, A., 2001. Cryopreservation of Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) By Vitrification of Dormant Shoot Tips. Plant Cell Reports, 20, 398-402.

12. Türkay, F., 2010. Fındık Zurufu ve Arıtma Çamurunun Solucanlar ile Kompostlanması ve Elde Edilen Vermi Kompostun Sera ve Tarla Koşullarında Toprakların Biyolojik Özelliklerinde Meydana Getirdiği Etkilerin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, 86.

13. Yaman, K., 2012. Bitkisel Atıkların Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi: Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12(2), 339-348.

14. Deveci, E.Ü., 2008. Portakal Atıklarından Aspergillus niger Filamentli Fungusu Kullanılarak Sitrik Asit Üretiminde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Mersin, 35.

15. Rao, G., Ashok. H., Rao. V, Chakra.S., Akshaykranth. A., 2000 Eco-Friendly Synthesis of MgO Nanoparticles From Orange Fruit Waste. International Journal of Applied Physics, 2(3):1-6.

16. Ortadoğulu, E., 2021.Yeşil Sentez ile Çinko Oksit ve Katkılı Çinko Magnezyum Oksit Nanopartiküllerin Sentezi Fotokatalatik ve Antibakteriyel Özelliklerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 68.

17. Varghese. E., George. M., 2015. Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles. International Journal of Advance Research in Science and Engineering, 4(1), 307-314.

18. Yedurkar. S., Maurya. C., Mahanwar P., 2016. Biosynthesis of Zinc Oxide Nanoparticles using Ixora Coccinea Leaf Extract-A Green Approach. Journal of Synthesis Theory and Applications, 5(1), 1-14.

19. Aalami, A., Mesgari, M., Sahebkar, A., 2020. Meme Kanseri Hücrelerinde Apoptoz İndüksiyonu ve MikroRNA Modülasyonu Yoluyla Antiproliferatif Etkilere Sahip Yeşil Çinko Oksit Nanopartiküllerinin Sentezi ve Karakterizasyonu. Bioinorganic Chemistry and Applications, 5.

20. Kumar, P., Nene, A. G., Sood, S., Kaur, G., Punıa, S., Kumar, M., Tulı, H.S., 2020.

Synthesis and Evaluation of Antibacterial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles. International Journal of Pharmaceutical Research, 12(1), 878-881.

21. Pai, S., Sridevi, H., Varadavenkatesan, T., Vinayagam, R., Selvaraj, R., 2019. Photocatalytic Zinc Oxide Nanoparticles Synthesis using Peltophorum Pterocarpum Leaf Extract and Their Characterization. Journal of Optic, 185, 248-255.

22. Singh, A.K., Pal, P., Gupta, V., Yadav, T.P., Gupta, V., Singh, S.P., 2018. Green Synthesis, Characterization and Antimicrobial Activity of Zinc Oxide Quantum Dots using Eclipta Alba. Material. Chemistry and Physics, 203, 40-48.

23. Rizvi, S.A., Saleh. M., 2018. Applications of Nanoparticle Systems in Drug Delivery Technology. Saudi Pharm Jaurnal. 26(1), 64-70.