

## *Saintpaulia* Sulu Yaprak Özütü Kullanılarak Sentezlenen Gümüş Nanopartiküllerin Antibakteriyel ve Antibiyofilm Aktivitesi

Nesrin KORKMAZ<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Günümüzde nanopartiküller farklı alanlarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. İlk zamanlar nanopartiküllerin sentezinde fiziksel ve kimyasal yöntemler kullanılmaktaydı. Kimyasal olarak sentezlenmiş nanoparçacıkların toksik etkisinin üstesinden gelmek için biyosentez (yeşil sentez) bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, Afrika menekşesinin (*Saintpaulia*) yaprak özütü ile gümüş nanopartiküllerin (AgNP'lerin) yeşil sentezi gerçekleştirilerek karakterizasyonu yapılmıştır. Karakterizasyon sonucunda ~432 nm dalga boyunda spektrum gösteren, 40.4 nm büyüklüğünde küresel boyutta nanopartiküllerin oluştuğu belirlenmiştir. AgNP'lerin dört Gram-pozitif ve dört Gram-negatif bakteri suşlarına karşı antibakteriyel ve biyofilm inhibisyon aktiviteleri belirlenmiştir. 10 mM konsantrasyonda gümüş nanopartiküller tüm bakteri suşlarına karşı bakteriyosidal etki göstermiştir. Antibiyofilm aktivitesi çalışmasında ise en yüksek inhibisyon yüzdesi 10 mM konsantrasyonda %80.3 oranında *Salmonella infantis* suşuna karşı elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Saintpaulia*, Gümüş nanopartiküller, Yeşil sentez, Antibakteriyel aktivite, Antibiyofilm aktivite

### Antibacterial Activity and Biofilm Property of Silver Nanoparticles Synthesized by Using *Saintpaulia* Aqueous Leaf Extract

**ABSTRACT:** Today, nanoparticles are effectively used in different areas. Initially, physical and chemical methods were used in the synthesis of nanoparticles. Biosynthesis (green synthesis) has emerged as an alternative to overcome the toxic effect of chemically synthesized nanoparticles. In this study, green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) with the leaf extract of African violet plant (*Saintpaulia*) was carried out. As a result of the characterization, it was determined that nanoparticles were formed at a spherical size of 40.4 nm with a spectrum showing a spectrum at a wavelength of 432 nm. Antibacterial and biofilm inhibition activities of AgNPs against four Gram-positive and four Gram-negative were determined with bacterial strains. Silver nanoparticles at 10 mM concentration showed bacteriocidal activity against all bacterial strains. In the antibiotic activity study, the highest inhibition percentage was obtained against the *Salmonella infantis* strain at 80.3% at a concentration of 10 mM.

**Keywords:** *Saintpaulia*, Silver nanoparticles, Green synthesis, Antibacterial activity, Antibiofilm activity

<sup>1</sup> Nesrin KORKMAZ (Orcid ID: 0000-0002-7896-1042), Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, Bartın, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Nesrin KORKMAZ, e-mail: nkorkmaz@bartin.edu.tr

## GİRİŞ

Nanoteknoloji ve nanopartiküller, havacılık-uzay mühendisliği, nano-elektronik, çevre iyileştirme, tıbbi sağlık ve tüketici ürünlerindeki potansiyel uygulamaları ile giderek daha fazla tanınmaktadır (Gerber ve Lang, 2006; Singh ve ark., 2009; Ahamed ve ark., 2009; Bar ve ark., 2009; Park ve ark., 2011). Nanoparçacıklar, tanım gereği, 1-100 nm arasında boyutlara sahip yapılardır (Kim ve ark., 2009; Chaloupka ve ark., 2010).

Yüksek yüzey / hacim oranlarından dolayı birçok uygulama alanına sahiptir. Ayrıca nanopartiküllerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri önemli ölçüde değiştirilebilmektedir (Li ve ark., 2001; Sharma ve ark., 2009). Nanopartiküllerin sentezi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılmaktadır. Genel olarak, fiziksel ve kimyasal sentez yöntemleri hem çok pahalı hem de insan sağlığı ve çevre için oldukça tehlikelidir. Gümüş nanopartiküllerin (AgNP) sentezi için en yaygın yöntem inorganik ajanlar tarafından kimyasal indirgemeyi içeren yöntemlerdir. Kimyasal olarak sentezlenen AgNP'lerin kullanımı, insan ve diğer canlılar için toksisite hakkında endişeler uyandırmaktadır. Olası toksik etkileri azaltmak için, biyojenik nanopartiküllerin kullanımı popüler hale gelmiştir (Antony ve ark., 2013; Mathur ve ark., 2014). AgNP'lerin sentezi için bitki özleri, bakteriler, mayalar ve mantarlar gibi biyolojik ajanların kullanımı, sıfır kimyasal toksisiteye sahip biyolojik uygulamalar için güvenli bir seçimdir (Antony ve ark., 2013; Mathur ve ark., 2014). İlginç bir şekilde, biyolojik olarak hazırlanmış AgNP'ler yüksek verim, çözünürlük ve yüksek stabilite göstermektedir (Gurunathan ve ark., 2009). Son yıllarda bu tür çalışmalara sıklıkla rastlanmakta ve nanoteknoloji ile biyoteknolojiyi birbirine bağlayan bir yaklaşım olma yolunda hızla gelişmektedir.

Nanoteknolojinin hızlı gelişimi ile nanoparçacık uygulama alanları daha da genişletilmiştir. Nano malzemelerden Ag içerikli

ürünleri biyomedikal alanda en yaygın kullanılan materyallerdir (Colvin, 2003; Nel ve ark., 2006; Wallace ve ark., 2007; Korani ve ark., 2013). Tıbbi uygulama alanında, yara örtüleri, kontraseptif cihazlar, cerrahi aletler, bandajlar ve kemik protezleri nano gümüş ile kaplanır veya gömülür. AgNP'lerin diğer kullanımları; solunum cihazları, ev tipi su filtreleri, antibakteriyel spreylere, kozmetik, deterjan ve tekstil ürünleridir (Lee ve El-Sayed, 2006; Lee ve ark., 2007; Vigneshwaran ve ark., 2007; Ji ve ark., 2007; Chen ve Schluesener, 2008; Kim ve ark., 2009; Arora ve ark., 2009; Korbekandi ve ark., 2013).

AgNP'lerin antibakteriyel özelliklere sahip olduğu da uzun zamandan beri bilinmektedir (Sukdeb ve ark., 2007). AgNP'ler, mikroorganizmalar ile daha iyi temas sağlayan geniş yüzey alanlarından dolayı daha etkili antimikrobiyal özellikler göstermektedirler. AgNP'ler hücre zarına yapışır ve bakterilere nüfuz eder. Bakteriyel zar da kükürt içeren proteinler vardır. Nanopartiküller, hücrede bu protein ve DNA gibi fosfor içeren bileşiklerle etkileşime girer. AgNP'lerin bakteri hücrelerine girdiğinde bakteri merkezinde düşük moleküler ağırlıklı bir bölge oluşturur ve burada bakteri toplanarak hücre DNA'yı gümüş iyonlarından korur. AgNP'ler, solunum zincirine ve hücre ölümüne yol açan hücre bölünmesine saldırır. Bu parçacıklar bakteri hücrelerinde bakteri öldürücü aktivitelerini artıran gümüş iyonları salgırlar (Feng ve ark., 2000). Ayrıca, eşsiz plazmon-rezonans optik saçılma özellikleri, AgNP'nin biyo-algılama ve görüntüleme uygulamalarında kullanılmasını da sağlamaktadır (Ahamed ve ark., 2009).

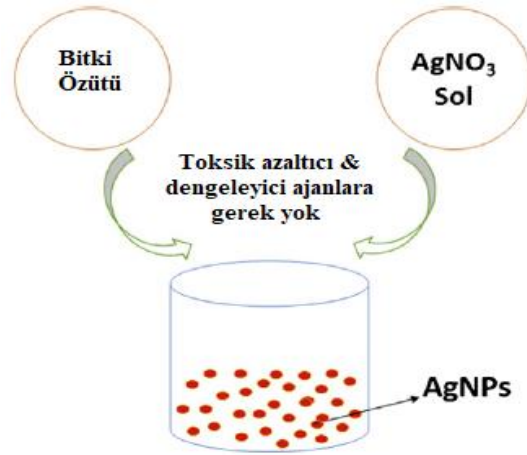
Bu çalışma, AgNP'lerin daha çevre dostu ve hızlı bir sentezi üzerine yapılmıştır. Çalışmamızda, AgNP'ler; *Saintpaulia* bitkisinin yaprak özütü kullanılarak biyolojik olarak sentezlenmiştir. UV-Vis, X-ışını difraktometresi ve SEM analizleri ile karakterizasyonu yapılmıştır. AgNP'lerin sekiz bakteri üzerindeki antibakteriyel aktivitelerinin yanı sıra antibiyofilm etkisi de incelenmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, biyojenik nanopartiküllerin sentezi için *Saintpaulia* (Afrika menekşesi) kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. *Saintpaulia* (Afrika menekşesi) bitkisi ve AgNP'lerin biyosentezi



*Saintpaulia* yaprakları toplanarak iki kez saf suyla iyice yıkandı ve kurutuldu. Kurutulmuş yapraklar porselen havanda iyice öğütüldü. 30 g ince toz *Saintpaulia* yaprağı kurusu 100 mL deiyonize su içinde manyetik karıştırıcıda 30 dakika karıştırıldı. Daha sonra su banyosunda 60°C'de 10 dakika ısıtıldı. Oda sıcaklığında soğutulduktan sonra 3500 rpm'de 10 dakika santrifüjlenerek filtre kağıdından süzülerek bitki özü elde edildi (Antony ve ark., 2013).

Gümüş nanopartiküllerin sentezi, Rather ve ark., (2013) ve Saini ve ark., (2013)'nin çalışma prosedürlerine benzer şekilde gerçekleştirildi. Kısacası, bitki özütü ve 1 mM AgNO<sub>3</sub> çözeltisi beherde 1:4 oranlarında karıştırılmıştır. Karışım 37°C'de 5 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Süre sonunda nanopartiküller, santrifüjle çöktürülerek karışımdan ayrıldı (3500 rpm'de 10 dakika boyunca). Süpernatant atıldı ve çökelti deiyonize suda yeniden süspanse edilerek koordine olmayan biyomoleküllerden kurtulmak için tekrar santrifüjlendi. AgNP'lerin karakterizasyon aşamasında; Ag<sup>+</sup> iyonlarındaki azalmalar, UV-Vis spektrofotometresi (UV-Thermo scientific) ile gümüş nanopartiküllerin ortalama tanecik çapı, XRD (Brand name-Panalytical, Model-Empyrean Advance, made in

Netherlands) verileri ile hesaplandı. Morfoloji ve partikül büyüklüğünü belirlemek için elektron mikroskobu (SEM)'de (Tescan Maia3 XMU) taranarak karakterize edildi.

Elde edilen AgNP'lerin Minimum İnhibisyon Konsantrasyon (MİK) değerlerinin bulunması için; mikroorganizmaların sıvı kültürleri McFarland 0.5 bulanıklık değerine göre hazırlandı. Konsantrasyonu 10 mg mL<sup>-1</sup> olarak ayarlanan bitki özütünden, steril Luria Bertani sıvı besiyeri ile aynı hacimde olacak şekilde birinci kuyucuğa konuldu ve pipetaj işlemi yapılarak 0.3125 mg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonuna kadar seri dilüsyonu yapıldı. Mikroplaklar 37°C'de 16-18 saat arasında inkübe edildi ve spektrofotometre cihazında 600 nm'de örneklerin absorpsiyon değerleri ölçüldü. MİK değerleri belirlendikten sonra bakterilerin üremediği kuyucukları tespit etmek amacı ile kuyucuklardan alınan örnekler steril bir öze yardımıyla Mueller Hinton Agar (MHA) katı besiyerine ekimleri yapılmış ve 37°C'de bir gece boyunca etüvde bekletilmiştir. Süre sonunda bakterileri öldüren ya da gelişimlerini engelleyen madde konsantrasyonları Minimum Bakterisidal/Bakteriostatik Konsantrasyon (MBK) değeri olarak kabul edilmiştir. Bu

çalışmanın devamında antibiyofilm aktivite belirlenmesi yapılmıştır. Biyofilm bakterilerin yüzeye ya da birbirlerine yapışarak meydana getirdikleri mikroorganizma kümesine biyofilm denir (Kumar ve ark., 2011). MİK deney koşulları ile aynı olan deney düzeneği kuruldu ve 37°C'de 48 saat inkübe edildi. Tüm kuyucuklar distile su ile birkaç kez yıkanıp, oda sıcaklığında kurumaya bırakıldı. Kuyucukların içerisine 130 µL %95'lik metanol eklendi ve 15 dakika boyunca bekletildi. Her kuyucuğa %0.1'lik kristal viyole çözeltisinden 125 µL konulup 10 dakika boyunca oda koşullarında inkübe edildi ve 2-3 defa distile su ile yıkandı. Daha sonra Gram pozitif bakteri (*Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Staphylococcus epidermidis* DSMZ 20044, *Bacillus subtilis* DSMZ 1971) içeren kuyucuklara, %33'lük glasiyel asetik asit çözeltisinden 200 µL Gram negatif (*Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Salmonella infantis*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* ATCC 25922) bakteri içeren kuyucuklara ise %95'lik etanol çözeltisinden 200 µL konulup, oda koşullarında 15 dakika bekletilmiş ve mikro plaka spektrofotometre cihazında (Thermo Scientific Multiskan GO) 600 nm'de okutulmuştur. Uygulanan AgNP'lerin antibiyofilm üzerindeki etkisini pozitif kontrolden elde edilen veriler göz önünde bulundurularak biyofilm inhibisyonunun

% azalma değeri hesaplanmıştır (Merrit ve ark., 2015).

% Azalma=  $(1 - (K-Ö)/K) \times 100$  formülüne göre yapılmıştır. Bu formüle göre;

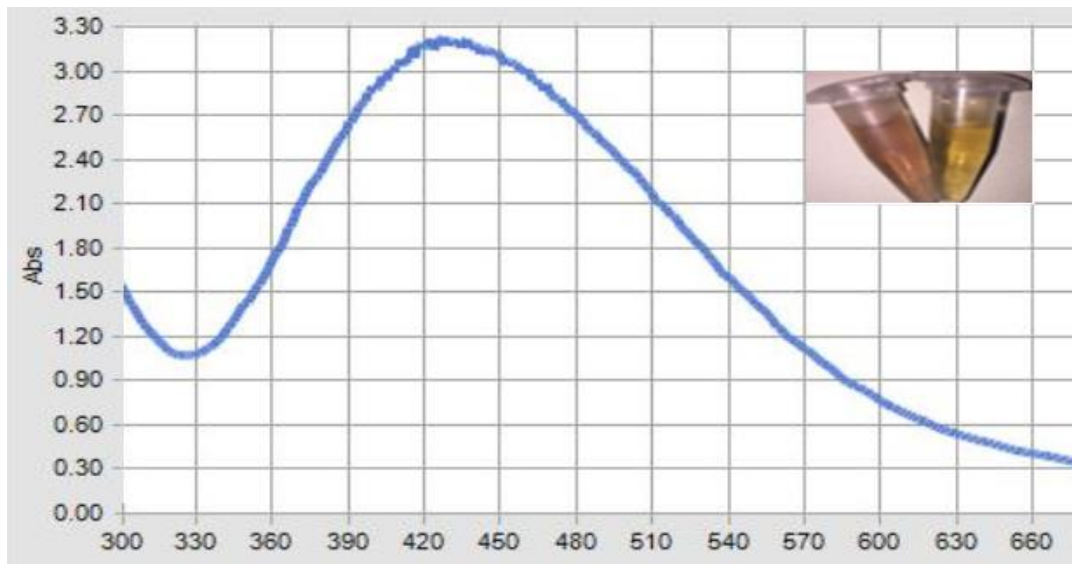
K: Pozitif kontrol (AgNP; sadece besiyeri ve mikroorganizma bulunduran) içeren kuyucuk.

Ö: Test kuyucukları (mikroorganizma inokulumu, besiyeri ve AgNP içeren kuyucuklar).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

*Saintpaulia* yaprak özütü, AgNO<sub>3</sub> sulu çözeltisine eklendiğinde; Ag<sup>+</sup> iyonları AgNP'lere indirgenir. Karışımdan yaklaşık 40 dakika sonra AgNP'lerin oluşumunu gösteren reaksiyon, solüsyonun renginin sarıdan koyu kahverengiye dönüşmesi ile gözlenmiştir (Şekil 2). Literatürde de metal nanopartiküllerdeki yüzey plazmon titreşiminin uyarılması nedeniyle, çözelti renginin sarımsı renklere kahverengi renk tonlarına dönüştüğü raporlanmıştır (Veerasingam ve ark., 2011; Namratha ve Monica, 2013).

*Saintpaulia* yaprak özütü varlığında AgNP'lerin UV-Vis absorpsiyon spektrumu, 432 nm'de optimum absorbansa sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 2). Yaklaşık 430 nm'de absorbans zirvesinin daha önce Ag nanopartiküller için karakteristik olduğu rapor edilmiştir (Vilchis-Nestor ve ark., 2008).

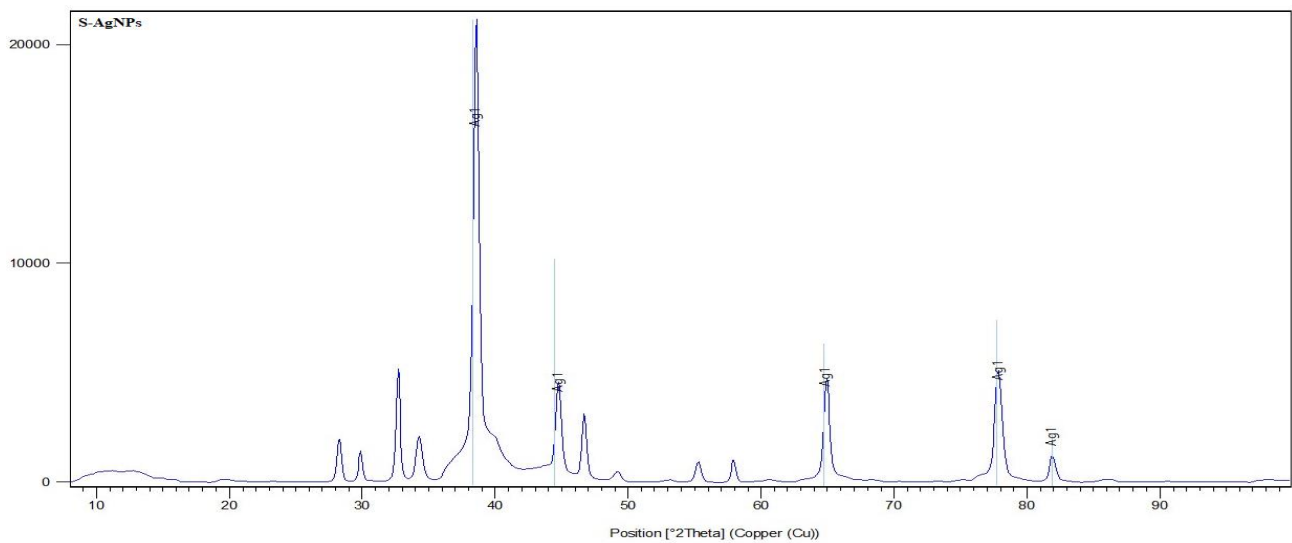


Şekil 2. *Saintpaulia* yaprak özütü ile sentezlenen AgNP'lerin UV-spektrumu

Yüksek OD (Absorbans optik dansite) değeri, nanoparçacık olarak  $Ag^+$  'nin  $Ag^0$  'ye dönüşümünün yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Metal nanoparçacıkların biyosentezinde, indirgeme-oksidasyon gibi çekirdek reaksiyonları meydana geldiği için aşağıdan yukarıya bir yaklaşımdır. Genel olarak, biyolojik metotlar kullanılarak  $AgNO_3$ 'ün  $AgNP$ 'lere dönüştürülmesinin iki olası yolu vardır. İlk olarak, bitki ekstresinde bulunan organik maddeler  $AgNO_3$ 'ün  $AgNP$ 'lere

dönüşmesini sağlamış olabileceği, ikinci sebep glikoliz sırasında salınan enerjiden kaynaklanmış olabileceğidir (Vignesh ve ark., 2013). Mevcut sonuçlar,  $AgNP$ 'lerin sentezinden bitki özütünde bulunan organik maddelerin sorumlu olduğu düşüncesini kuvvetlendirmektedir.

UV-Vis spektral analiz sonuçlarını doğrulamak ve partiküllerin kristalimsi yapısını anlayabilmek için, *Saintpaulia* yaprak özütüne maruz kalan  $Ag^+$  iyonlarının  $Ag^0$ 'a indirgenen örneği XRD ile incelenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. *Saintpaulia* yaprak özütü ile sentezlenen  $AgNP$ 'lerin X-ışını kırınım modeli

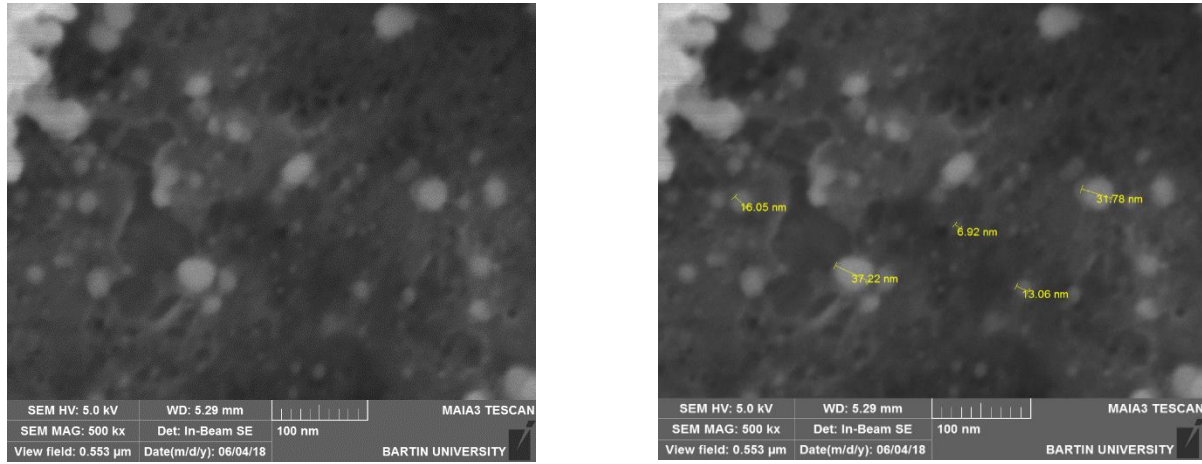
2.33030, 2.03191, 1.44700, 1.21849 ve 1.17755 Å değerleriyle ilgili düzlemsel aralık ( $d$  hesaplanmış) değerleri olan  $38.45^\circ$ ,  $44.64^\circ$ ,  $64.87^\circ$ ,  $77.72^\circ$  ve  $81.78^\circ$ 'de beş ana tepe düzlemlere (1), (2), (3), (4) ve (5) karşılık gelmektedir. Gözlenen diğer zirveler muhtemelen *Saintpaulia* yaprak özütünde mevcut bazı organik kalıntılara ait olduğu düşünülmektedir.

Gümüş nanopartiküllerin ortalama partikül çapı, aşağıdaki Scherrer eşitliği kullanarak hesaplanmıştır (Jyoti ve ark., 2016):

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \dots \quad (1)$$

Eşitlik 1'de;  $D$ , parçacık boyutu;  $\lambda$ , kullanılan X-ışınının dalga boyu;  $\theta$ , Bragg açısı;  $\beta$  ise XRD tepe noktasının yarı yükseklikteki genişliği ve  $K$ , şekil faktörü bir sabittir ( $K= 0.9$ ). XRD veri sonuçlarının hesaplanmasıyla partikül büyüklüğü yaklaşık olarak 40.4 nm olarak bulunmuştur. Bu sonuç literatürde rapor edilen verilerle uyum içerisindedir (Dipankar ve Murugan, 2012; Antony ve ark., 2013).

Sentezlenen  $AgNP$ 'lerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri, nanopartiküllerin partikül büyüklüğünü ve şeklini belirlemek için alınmıştır.



Şekil 4. *Saintpaulia* yaprak özütü ile sentezlenen AgNP'lerin SEM görüntüleri

AgNP'lerin, 500k büyütmeyle alınan SEM görüntülerinden; 6 nm ile 37 nm arasında değişen farklı büyüklükte ve yuvarlak şeklinde olduğu görülmektedir (Şekil 4). Benzer şekilde, *Pelargonium graveolens* (sardunya) yaprak ekstresi kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin partikül boyutu 16-40 nm arasında elde edildiği rapor edilmiştir (Shankar ve ark., 2003).

Antibakteriyel madde olarak bilinen gümüş, bu özelliğinden dolayı tıbbi

uygulamalarda, gıda sektöründe, kozmetik ürünlerinde, tekstil endüstrisinde ve çevresel uygulamalar gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Gao ve ark., 2015). Çalışmamızda *Saintpaulia* yaprak özütü kullanılarak elde edilen AgNP'lerin bakteri büyümesini inhibe eden ya da bakterilerin %99'unu öldüren konsantrasyonları, seri dilüsyon yöntemi ile belirlendi (Çizelge 1).

Çizelge 1. *Saintpaulia* yaprak özütü ile hazırlanan AgNP'lerin antibakteriyel aktiviteleri

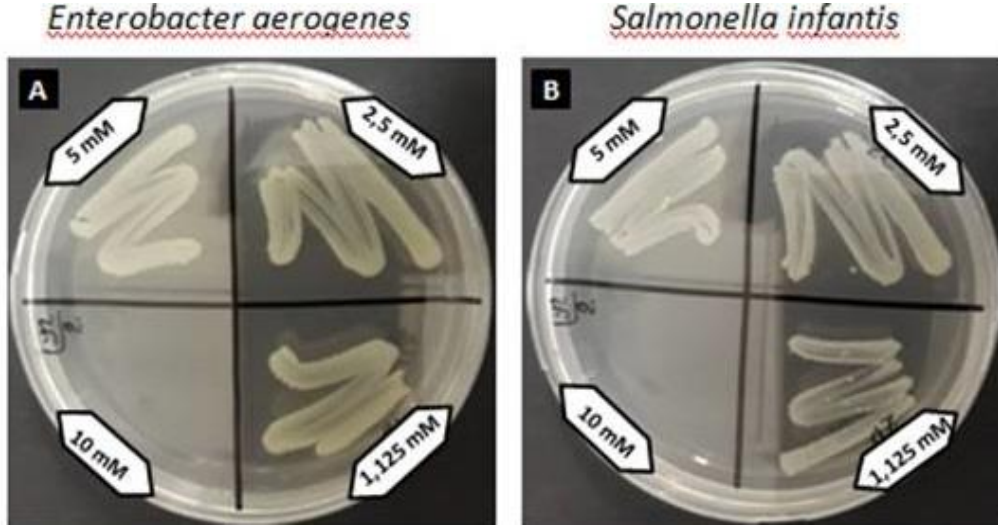
Bakteri suşları	AgNp Konsantrasyonları					
	10 mM	5 mM	2.5 mM	1.25 mM	0.625 mM	0.3125 mM
<i>E. aerogenes</i>	*	M				
<i>S. infantis</i>	*	M				
<i>S. typhimurium</i>	*		M			
<i>E. coli</i>	*	M				
<i>E. faecalis</i>	*	M				
<i>S. aureus</i>	*	M				
<i>S. epidermidis</i>	*	M				
<i>B. subtilis</i>	*	M				

M: minimum inhibe edici konsantrasyon

\*: bakteriosidal konsantrasyon

Elde edilen sonuçlara göre AgNP'ler 10 mM derişimde tüm bakterilere karşı bakteriyosidal etki gösterirken (Şekil 5), *S. typhimurium* suşu hariç, diğer tüm bakterilere

karşı 5 mM derişimde minimum inhibe edici etki gösterdiği görülmüştür, *S. typhimurium* suşuna ise 2.5 mM derişimde minimum inhibe edici etki görülmüştür.



Şekil 5. *Saintpaulia* özütünden elde edilen nanopartiküllerin *E. aerogenes* (A) ve *S. infantis* (B) bakterilerine karşı antibakteriyel aktiviteleri

Dipankar ve Murugan (2012), *Iresine herbstii* (kan yaprağı, çingene şalvarı) yaprağı özütünden elde edilen gümüş nanopartiküller *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *E. faecalis* ve *K. pneumoniae* bakterilerine karşı güçlü bir antibakteriyel aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda *Saintpaulia* yaprak özütünden elde ettiğimiz AgNP'ler de *S. aureus*, *E. coli* ve *E. faecalis* bakterilerine karşı düşük konsantrasyonlarda dahi antibakteriyel etki göstermiştir. Singhal ve ark. (2011) yapmış oldukları çalışmada, bir fesleğen türü olan *Ocimum sanctum* bitkisi özütünden elde ettikleri AgNP'leri *E. coli* ve *S. aureus* bakterileri üzerinde analiz etmiş ve nanopartiküllerin standart olarak kullanılan antibiyotiklerden bile daha düşük konsantrasyonda antibakteriyel etkisi olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda kullandığımız nanopartiküllerin de düşük konsantrasyonda antibakteriyel etki gösterdiği görülmüştür (Çizelge 1).

Gümüş iyonlarının, tiyol grup enzimleri ile güçlü bir şekilde etkileşime girdiği ve bunları etkisiz hale getirdiği bildirilmektedir (Jeong ve ark., 2005; Lee ve ark., 2006; Russell ve Hugo, 1994). Ayrıca, AgNP'lerin bakterilerde DNA replikasyonunu engellediği öne sürülmüştür. Elde ettiğimiz sonuçlar, AgNP'lerin 2.5 mM ve 5 mM konsantrasyonlarda bakteriyel büyümeyi inhibe

ettiğini, 10 mM konsantrasyonlarda ise bakteriyel büyümeyi durdurduğunu göstermektedir (Çizelge 1).

Bakteriler tarafından meydana getirilen biyofilm tabakası su şebekeleri, gıda endüstrisi, atık su arıtma tesisleri ve kağıt endüstrisi gibi alanlarda çeşitli sorunlara neden olmaktadır (Reg, 2011). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda hemen hemen tüm konsantrasyonlarda AgNP'lerin kuvvetli bir biyofilm inhibisyon etkisi görülmüştür (Çizelge 2). 10 mM konsantrasyonda, *S. infantis* bakterisinin oluşturduğu biyofilm tabakası %80.3 oranında inhibe edilerek en yüksek oranda etki görülmüştür. AgNP'ler Gram pozitif bakterilere karşı tüm konsantrasyonlarda etki ederken, 0.3125 mM konsantrasyonda *E. aerogenes* suşuna, 1.25 mM konsantrasyonda *S. typhimurium* suşuna ve 2.5 mM konsantrasyonda ise *E. coli* CFAI suşuna karşı herhangi bir etki gözlenmemiştir.

Kalishwaralal ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada, AgNP'lerin *P. aeruginosa* ve *E. coli*'nin biyofilm oluşumunu inhibe ettiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Gurunathan ve ark. (2014), AgNP'lerin *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *S. flexneri* ve *S. Pneumonia*'ya karşı antibiyofilm etkisinin olduğunu göstermişlerdir.

**Çizelge 2.** Saintpaulia yaprak özütü ile hazırlanan AgNP'lerin antibiyofilm aktiviteleri

Bakteri suşları	AgNP Konsantrasyonları					
	10 mM	5 mM	2.5 mM	1.25 mM	0.625 mM	0.3125 mM
<i>E. aerogenes</i>	21.4	31.43	11.3	16.3	21.8	0
<i>S. infantis</i>	80.3	49.8	29.7	10.16	15.53	18.3
<i>S. typhimurium</i>	47.7	68.4	7.00	0	7.43	23.3
<i>E. coli</i>	42.2	33.3	0	7.6	13.3	8.2
<i>E. faecalis</i>	75.6	41.6	18.37	30.87	30.64	28.93
<i>S. aureus</i>	14.01	11.7	8.23	10.31	10.01	18.43
<i>S. epidermidis</i>	9.26	4.35	8.24	10.2	14.38	16.26
<i>B. subtilis</i>	60.82	63.1	52.21	35.35	36.12	32.24

AgNP'ler sahip oldukları geniş yüzey alanlarından dolayı, bakterilere ve bakterilerin oluşturdukları biyofilm tabakasına karşı iyi bir etki göstermektedirler. Özellikle bakteri hücresi zarında yer alan kükürtlü bileşikler, protein ve DNA'da yer alan fosfor içeren bileşikler ile etkileşime girerler (Feng ve ark., 2000). Her iki çalışmada kullanılan, *E. coli*, *S. aureus* bu çalışmada da kullanılmış ve her iki mikroorganizmaya karşı olumlu sonuçlar alınmıştır.

## SONUÇ

Bu çalışma, metal nanopartiküllerin sentezi için doğal, çevre dostu ve kolayca bulunabilen bitkisel ajanları bulmak amacıyla yapılmıştır. Dünyadaki görsel çekiciliği, iç mekânlar gibi gölgeli alanlardaki dayanıklılığı, tüm bir yıl boyunca vejetatif olarak çoğaltılabilmesi gibi karakteristik özelliklerinden dolayı *Saintpaulia* ajan olarak seçilmiştir. *Saintpaulia* yaprak özütünde bulunan fitokimyasalların, gümüş iyonlarını metalik nanoparçacıklar halinde azalttığına inanılmaktadır.

*Saintpaulia* yaprak özütü kullanılarak hazırlanan biyosentetik gümüş nanoparçacıkları, MİK, MBK değerleri ve antibiyofilm etkisi bu çalışmada belirtildiği gibi etkili bir antibakteriyel aktivite sergilemiştir. Gümüş nanopartikülleri, özellikle yanık tedavisinde kullanılan yara kremlerinde, gümüş sargısında veya gümüş kaplı tekstil kumaşlarında kullanılabileceği gibi bu nanopartiküller gıda endüstrisinde ve su arıtma

tesislerinde biyofilm oluşumunu engellemek amacıyla kullanılabilir. Gümüş nanopartiküllerinin antibakteriyel etki mekanizmalarını netleştirmek için, daha ayrıntılı analizler gerekmektedir. Genel olarak, bu AgNP'ler, antibiyotiğe dirençli mikroorganizmaların kontrolünde ve tıbbi tedavinin kontrolü için uygun yollardan biri gibi görünmektedir. Çalışmamızda temsil edilen veriler alternatif tıp için yeni ve keşfedilmemiş bir nano malzeme alanına katkıda bulunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Ahamed M, AlSalhi MS, Siddiqui MKJ, 2009. Silver nanoparticle applications and human health. *Clinica Chimica Acta*, 411 (23-24): 1841-1848.
- Antony JJ, Nivedheetha M, Siva D, Pradeepha G, Kokilavani P, Kalaiselvi S, Sankarganesh A, Balasundaram A, Masilamani V and Achiraman S, 2013. Antimicrobial activity of *Leucas aspera* engineered silver nanoparticles against *Aeromonas hydrophila* in infected *Catla catla*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 109: 20-24.
- Arora S, Jain J, Rajwade JM, & Paknikar KM, 2009. Interactions of silver nanoparticles with primary mouse fibroblasts and liver cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 236 (3): 310-318.
- Bar H, Bhui DK, Sahoo GP, Sarkar P, De SP, Misra A, 2009. Green synthesis of Silver Nanoparticles Using Latex Of *Jatropha curcas*. *Colloids Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, b339: 134-139.
- Chaloupka K, Malam Y, & Seifalian AM, 2010. Nanosilver as a new generation of nanoparticle in biomedical applications. *Trends in biotechnology*, 28 (11): 580-588.



- Chen X, & Schluesener HJ, 2008. Nanosilver: a nanoparticle in medical application. *Toxicology Letters*, 176 (1): 1-12.
- Colvin VL, 2003. The potential environmental impact of engineered nanomaterials. *Nature Biotechnology*. 21: 1166–1170.
- Dipankar C, Murugan S, 2012. The green synthesis, characterization and evaluation of the biological activities of silver nanoparticles synthesized from *Iresine herbstii* leaf aqueous extracts. *Colloids Surfaces B: Biointerfaces*, 98: 112–119.
- Feng QL, Wu j, Chen GQ, Cui FZ, Kim TN, Kim JO, 2000. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Biomedical Materials Research*, 52 (4): 662-668.
- Gao X, Yourick JJ, Topping VD, Black T, Olejnik N, Keltner Z, Sprando RL, 2015. Toxicogenomic study in rat thymus of F1 generation offspring following maternal exposure to silver ion. *Toxicol. Reports*, 2: 341–350.
- Gerber C, Lang HP, 2006. How the doors to the nano-world were opened. *Nature Nanotechnology*, 1 (1): 3.
- Gurunathan S, Han JW, Kwon D-N, Kim J-H, 2014. Enhanced antibacterial and anti-biofilm activities of silver nanoparticles against Gram-negative and Gram-positive bacteria, *Nanoscale Research Letters*, 9: 373.
- Gurunathan S, Kalishwaralal K, Vaidyanathan R, Venkataraman D, Pandian SR, Muniyandi J, Hariharan N, Eom SH, 2009. Biosynthesis, purification and characterization of silver nanoparticles using *Escherichia coli*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 74: 328–335.
- Jeong SH, Yeo SY, Yi SC, 2005. The effect of filler particle size on the antibacterial properties of compounded polymer/silver fibers, *Journal of Materials Science*, 40: 5407–5411.
- Ji JH, Jung JH, Kim SS, Yoon JU, Park JD, Choi BS, Chung YH, Kwon IH, Jeong J, Han BS, Shin JH, Sung JH, Song KS, Yu IJ, 2007. Twenty-eight-day inhalation toxicity study of silver nanoparticles in Sprague-Dawley rats. *Inhalation Toxicology*, 19: 857–871.
- Jyoti K, Baunthiyal M, Singh A, 2016. Characterization of silver nanoparticles synthesized using *Urtica dioica* Linn. leaves and their synergistic effects with antibiotics. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 9: 217-227.
- Kalishwaralal K, BarathManiKanth S, Pandian SRK, Deepak V, Gurunathan S, 2010. Silver nanoparticles impede the biofilm formation by *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus epidermidis*, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 79: 340–344.
- Kim S, Choi JE, Choi J, Chung KH, Park K, Yi J, & Ryu, DY, 2009. Oxidative stress-dependent toxicity of silver nanoparticles in human hepatoma cells. *Toxicology in Vitro*, 23 (6): 1076-1084.
- Kim WY, Kim J, Park JD, Ryu HY, Yu IJ, 2009. Histological study of gender differences in accumulation of silver nanoparticles in kidneys of Fischer 344 rats. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 72: 1279–128.
- Korani M, Rezayat SM, Bidgoli SA, 2013. Sub-chronic Dermal Toxicity of Silver Nanoparticles in Guinea Pig: Special Emphasis to Heart, Bone and Kidney Toxicities. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 12: 511–519.
- Korbekandi H, Ashari Z, Irvani S, Abbasi S, 2013. Optimization of Biological Synthesis of Silver Nanoparticles using *Fusarium oxysporum*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 12: 289–298.
- Kumar M.A, Anandapandian KTK., Parthiban K, 2011. Production and characterization of exopolysaccharides (EPS) from biofilm forming marine bacterium. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 54 (2): 259-265.
- Lee KS, El-Sayed MA, 2006. Gold and silver nanoparticles in sensing and imaging: sensitivity of plasmon response to size, shape, and metal composition. *The Journal of Physical Chemistry B*, 110: 19220–19225.
- Lee HY, Park HK, Lee M, Kim K, Park S.B, 2007. A practical procedure for producing silver nanocoated fabric and its antibacterial evaluation for biomedical applications. *Chemical Communications*, 28: 2959–2961.
- Li L, Hu J, Yang W, Alivisatos AP, 2001. Band gap variation of size- and shape-controlled colloidal CdSe quantum rods. *Nano Letters*, 1: 349–351.
- Mathur A, Kushwaha A, Dalakoti V, Dalakoti G. & Singh DS, 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using medicinal plant and its characterization. *Der Pharmacia Lettre*, 5: 118–122.
- Namratha N, and Monica PV, 2013. Synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* (Neem) extract and usage in water purification. *Asian J. Pharm. Tech.*, 3 (4): 170-174.
- Nel A, Xia T, Madler L, Li N, 2006. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science*, 311: 622–627.
- Park MV, Neigh AM, Vermeulen JP, de la Fonteyne LJ, Verharen HW, Briedé JJ, van Loveren H, de Jong WH, 2011. The effect of particle size on the cytotoxicity, inflammation, developmental toxicity and genotoxicity of silver nanoparticles. *Biomaterials*, 32 (36): p.9810-9817.

- Rather MA, Sharma R, Gupta S, Ferosekhan S, Ramya VL, & Jadhao SB, 2013. Chitosan-nanoconjugated hormone nanoparticles for sustained surge of gonadotropins and enhanced reproductive output in female fish. *PloS one*, 8 (2): e57094, 1-10.
- Reg Bott T, 2011. Biofilms in Industry, in: *Ind. Biofouling*, 1st ed., Elsevier, 181–201.
- Russell AD, Hugo WB, 1994. Antimicrobial Activity and Action of Silver, *Progress in Medicinal Chemistry*, 31: 351–370.
- Saini J, Kashyap D, Batra B, Kumar S, Kumar R, & Malik, DK, 2013. Green synthesis of silver nanoparticles by using Neem (*Azadirachta indica*) and Amla (*Phyllanthus emblica*) leaf Extract. *Indian Journal of Applied Research*, 3 (5): 209-210.
- Shankar SS, Ahmad A, & Sastry M, 2003. Geranium leaf assisted biosynthesis of silver nanoparticles. *Biotechnology Progress*, 19 (6): 1627-1631.
- Sharma VK, Yngard RA, Lin Y, 2009. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in Colloid and Interface Science*, 145: 83–96.
- Singh N, Manshian B, Jenkins GJS, 2009. NanoGenotoxicology: the DNA damaging potential of engineered nanomaterials. *Biomaterials*, 30: 3891–3914.
- Singhal G, Bhavesh R, Kasariya K, Sharma AR, Singh RP, 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Ocimum sanctum* (Tulsi) leaf extract and screening its antimicrobial activity. *Journal of Nanoparticle Research*, 13 (7): 2981-2988.
- Sukdeb P, Yu KT, Joon MS, 2007. Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the gram-negative bacterium *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 73 (6): 1712-1720.
- Veerasingam R, Xin TZ, Gunasagaran S, Xiang TFW, Yang EFC, Jeyakumar N, & Dhanaraj SA, 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles using mangosteen leaf extract and evaluation of their antimicrobial activities. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15 (2): 113-120.
- Vignesh V, Anbarasi KF, Karthikeyeni S, Sathiyarayanan G, Subramanian P, & Thirumurugan R, 2013. A superficial phyto-assisted synthesis of silver nanoparticles and their assessment on hematological and biochemical parameters in *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 439: 184-192.
- Vigneshwaran N, Kathe AA, Varadarajan PV, Nachane RP, Balasubramanya RJ, 2007. Functional finishing of cotton fabrics using silver nanoparticles. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 7: 1893–1897.
- Vilchis-Nestor AR, Sánchez-Mendieta V, Camacho-López MA, Gómez-Espinosa RM, Camacho-López MA, & Arenas-Alatorre JA, 2008. Solventless synthesis and optical properties of Au and Ag nanoparticles using *Camellia sinensis* extract. *Materials Letters*, 62 (17-18): 3103-3105.
- Wallace WE, Keane MJ, Murray DK, Chisholm WP, Maynard AD, Ong TM, 2007. Phospholipid lung surfactant and nanoparticle surface toxicity: Lessons from diesel soots and silicate dusts. *Journal of Nanoparticle Research*, 9: 23–38.