

PAPER DETAILS

TITLE: YESİL SENTEZ YOLU İLE GÜMÜS NANOPARTİKÜLLERİN ELDE EDİLMESİNDE
BITKİSEL EKSTRELERİN İNDİRGEYİCİ AJAN OLARAK KULLANILMASI

AUTHORS: Pinar NARTOP

PAGES: 50-60

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/646519>

YEŞİL SENTEZ YOLU İLE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN ELDE EDİLMESİNDE BİTKİSEL EKSTRELERİN İNDİRGEYİCİ AJAN OLARAK KULLANILMASI

Pınar NARTOP ^{1,*}

¹ Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu, Tekirdağ, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, kolaylıkla ve ucuza temin edilebilen bazı bitkisel droglara ait sulu ekstreleri kullanarak yeşil sentez tekniği ile gümüş nanopartiküllerin sentezlenmesidir. Bu çalışmada, baharat olarak da kullanılan lavanta çiçeği, çörek otu tohumu, karabiber tohumu, patlıcan kabuğu, çam yaprağı, karanfil çiçeği, biberiye yaprağı, kekik yaprağı, adaçayı yaprağı, defne yaprağı, havaciva kökü ve yeşil çay yaprağı gibi bitkisel tıbbi drogların sulu ekstreleri gümüş nanopartikül sentezinde indirgeyici ajan olarak kullanılmışlardır. Ekstreler 1 mM gümüş nitrat çözeltisi ile karıştırılmış ve renk değişiklikleri ve yoğunlukları incelenmiştir. Gümüş nanopartikül oluşumu UV-Vis spektrofotometrik analiz ile doğrulanmıştır ve pH değişiklikleri kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ekstrelerin hepsi gümüş nanopartikül sentezinde indirgeyici ajan olarak kullanılabilir ve nanoteknolojideki farklı uygulamalarda fayda sağlayabilecek değişik karakteristik özellikler göstermektedirler.

Anahtar Kelimeler: Yeşil sentez, Gümüş nanopartikül, Bitki ekstresi

USE OF HERBAL DRUG EXTRACTS AS REDUCING AGENTS FOR GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES

ABSTRACT

The aim of this study is to synthesize silver nanoparticles via green synthesis using water extracts of some herbal drugs which can be obtained easily and inexpensively. In this study, water extracts of some medicinal plant drugs, which are also used as spice, such as lavender flowers, fennelflower seeds, black pepper seeds, pine leaves, clove flowers, rosemary leaves, thyme leaves, sage leaves, laurel leaves, alkanna roots and green tea leaves were utilized as a reducing agent in the synthesis of silver nanoparticles. The extracts were mixed with 1 mM silver nitrate solution and their color changes and intensities were examined. Silver nanoparticle formations were also confirmed by UV-Vis spectrophotometric analysis. Alterations in pH values were also recorded. According to the results, all the plant extracts can be used as a bioreducing agent for the synthesis of silver nanoparticles and they all exhibited different characteristics, which will be beneficial for different applications in nanotechnology.

Keywords: Green synthesis, Silver nanoparticle, Plant extract

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji, modern bilimin en önemli ve en aktif alanlarından biridir. Farklı boyutlara ve şekillere sahip olan nanopartiküllerin sentezlenmesi için biyolojik, fiziksel ve kimyasal yöntemler izlenmektedir [1]. Yeşil sentez olarak da bilinen biyolojik sentez; yüksek basınç, sıcaklık, enerji ve zehirli kimyasalların kullanılmasına gerek olmadan nanopartiküllerin kolay ve çevre dostu olarak elde edilmesi için kullanılan ve en pratik yöntemdir [2]. Boyutu 100 nanometrenin altında olan nanopartiküller, hacimsel yapılı malzemelerden çok daha farklı ve üstün olarak kabul edilen özellikler sergilemelerinden dolayı, günümüzde tıp, biyoteknoloji, biyomedikal, kozmetoloji ve kimya sektörleri başta olmak üzere birçok alanda etkili olarak kullanılmaktadırlar [3].

*Sorumlu Yazar: pinarnartop@gmail.com

Geliş: 24.05.2018 Kabul: 17.08.2018

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, metal nanopartiküllerin antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu görülmektedir. İnorganik antibakteriyel ajanlar içerisinde gümüş, eski çağlardan beri enfeksiyonlarla savaşmak ve bozulmaları önlemek için en çok kullanılan ajandır [4]. Farklı bitkilerin özütleri kullanılarak elde edilen gümüş nanopartiküller bitki biyoteknolojisi alanında da kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda, bitki hücre ve doku kültürlerinin en önemli ve ilk basamağı olan eksplantların yüzeysel sterilizasyonunda kullanılan etil alkol ve sodyum hipoklorit yerine gümüş nanopartiküllerin kullanılabileceği başarılı sonuçlar elde edilerek ispatlanmıştır [3, 5].

Bu çalışmanın amacı, birçok farklı alanda kullanımı olan gümüş nanopartiküllerin farklı bitkilerin sulu ekstreleri kullanılarak yeşil sentez tekniği ile elde edilebilirliğini incelemektir. Küçük nanopartiküllerin antibakteriyel etkisinin daha fazla olduğu bilgisinden yola çıkarak planlanan çalışmada, düşük renk yoğunluğuna ve kuru madde miktarına sahip karışımların belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1. Materyal

Sulu ekstrelerin elde edilmesi için ülkemizdeki aktarlardan ve marketlerden kolaylıkla temin edilebilen kurutulmuş lavanta çiçeği, çörek otu tohumu, karabiber tohumu, patlıcan kabuğu, çam yaprağı, karanfil çiçeği, biberiye yaprağı, kekik yaprağı, adaçayı yaprağı, defne yaprağı, havaciva kökü ve yeşil çay yaprağı drogları kullanılmıştır (Şekil 1 ve Tablo 1).

2.2. Metot

2.2.1. Bitkilerin sulu ekstrelerinin hazırlanması

Bitkilerin sulu ekstreleri dekoksiyon yöntemi ile hazırlanmıştır. Kurutulmuş bitkisel drogların 2.5 g'ı cam havanda dövülerek ufalandıktan sonra, 50 ml distile su ilave edilerek 80°C'de su banyosunda bir saat bekletilmiş, sıcak iken filtre kağıdından süzülerek dekoksiyonları hazırlanmıştır. Elde edilen ekstreler cam şişeye alınarak soğutulmuş ve kullanılacağı zamana kadar +4°C'de buzdolabında saklanmışlardır. Ekstreler hazırlandıktan sonraki iki gün içerisinde, tazeliklerini kaybetmeden kullanılmışlardır.

2.2.2. Yeşil sentez ile gümüş nanopartiküllerin sentezlenmesi

Bitki ekstrelerinin 5 ml'si 1 mM AgNO₃ çözeltisi ile 100 ml'ye tamamlanmış ve beher içerisinde karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında renk yoğunlukları ve renk değişimleri takip edilmiştir.

		
a. Lavanta çiçeği	b. Çörekotu tohumu	c. Karabiber tohumu
		
d. Patlıcan kabuğu	e. Çam yaprağı	f. Karanfil çiçeği
		
g. Biberiye yaprağı	h. Kekik yaprağı	i. Adaçayı yaprağı
		
j. Defne yaprağı	k. Havaciva kökü	l. Yeşilçay yaprağı

Şekil 1. Sulu ekstrelerin elde edilmesinde kullanılan kurutulmuş bitkisel droglar; **(a)** lavanta çiçeği, **(b)** çörek otu tohumu, **(c)** karabiber tohumu, **(d)** patlıcan kabuğu, **(e)** çam yaprağı, **(f)** karanfil çiçeği, **(g)** biberiye yaprağı, **(h)** kekik yaprağı, **(i)** adaçayı yaprağı, **(j)** defne yaprağı, **(k)** havaciva kökü ve **(l)** yeşil çay yaprağı.

Tablo 1. Yeşil sentez ile gümüş nanopartiküllerin oluşturulmasında kullanılan bitkisel droglar ve gümüş nanopartikül oluşturulan karışımların kodları

Bitkinin Türkçe Adı	Bitkinin Latince Adı	Kullanılan Drog	Karışımın Kodu
Lavanta	<i>Lavandula officinalis</i>	Çiçek	Lavandula-NP
Çörek Otu	<i>Nigella sativa</i>	Tohum	Nigella-NP
Karabiber	<i>Piper nigrum</i>	Tohum	Piper-NP
Patlıcan	<i>Solanum melongena</i>	Meyve kabuğu	Solanum-NP
Çam	<i>Pinus brutia</i>	Yaprak	Pinus-NP
Karanfil	<i>Syzygium aromaticum</i>	Çiçek	Syzygium-NP
Biberiye	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Yaprak	Rosmarinus-NP
Kekik	<i>Thymus vulgaris</i>	Yaprak	Thymus-NP
Adaçayı	<i>Salvia officinalis</i>	Yaprak	Salvia-NP
Defne	<i>Laurus nobilis</i>	Yaprak	Laurus-NP
Havacıva	<i>Alkanna tinctoria</i>	Kök	Alkanna-NP
Yeşil Çay	<i>Camelia sinensis</i>	Yaprak	Camelia-NP

2.2.3. pH analizleri

Bitki ekstrelerinden alınan örnekler, ekstrelerin gümüş nitrat çözeltisiyle ilk karıştırıldığı andaki ve yirmi dört saat sonraki karışımdan alınan örneklerin pH değerleri belirlenmiş ve gümüş nanopartikül oluşumu sırasında gerçekleşen pH değişimi incelenmiştir.

2.2.4. UV-Vis spektrofotometrik analiz

Karışımların hazırlanmasından 24 saat sonra, her örneğin 5 ml'si spektrofotometre küvetine alınmış ve 320-500 nm aralığındaki dalga boylarında UV-visible spektrofotometrede incelenmiştir.

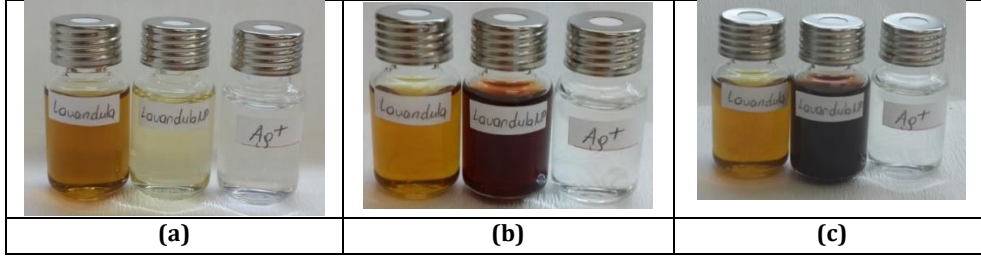
2.2.5. Gümüş nanopartiküllerin karışımdan ayrılması

100 ml karışım santrifüj tüplerine alınmış, üç kez 5000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilerek yıkama yapılmıştır. Her santrifüjden sonra üstte kalan sıvı kısım pipet yardımı ile alınmış, yerine distile su ilave edilerek tüpler iyice çalkalanmıştır. Üçüncü yıkamanın sonunda, santrifüj tüpünün dibinde kalan çökelti pipet yardımıyla alınarak darası alınmış cam lamel üzerinde kurutulmuş ve çökeltinin kuru ağırlığı belirlenmiştir.

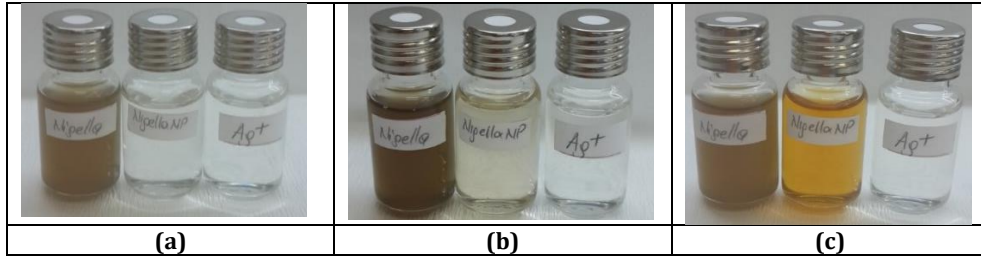
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Gümüş nanopartiküllerin elde edilmesi süreci sırasında, bitki ekstreleri ve gümüş nitrat çözeltisinin karıştırıldığı ilk andan itibaren renk değişimleri gözlenmeye başlanmıştır ve elde edilen tüm karışımlar kolloidal özelliktedir (Şekil 2-13 ve Tablo 2). Renk değişimleri, gümüş iyonunun indirgenme süreci sonunda karışımın alacağı rengin en açık tonundan başlayarak son halini almıştır. Sulu ekstrelerin buzdolabından çıkartıldıktan sonra mutlaka oda sıcaklığına gelmiş olması gerekmektedir. Oda sıcaklığına gelmeden yapılan karıştırma işlemi sonucunda, 24 saat sonraki gözlemlerde renk değişiminin daha az olduğu belirlenmiştir. Selvam et al. (2017) [6] sıcaklık farklılıklarının gümüş nanopartikül oluşumunu etkilediğini bildirmiştir.

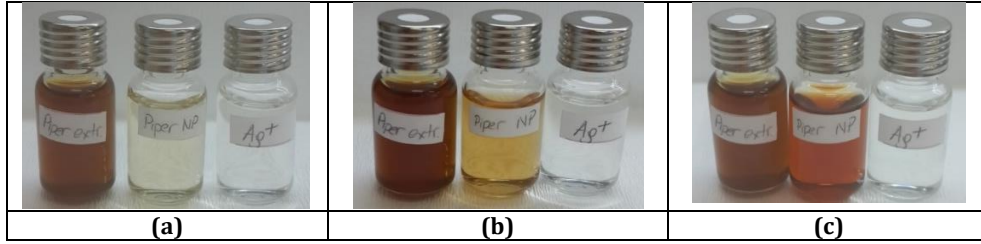
Gümüş nanopartiküllerin sulu çözeltilerde UV-visible bölgede yüzey plasmon rezonans bandı ekzitasyonu sebebiyle sarımsı kahverengi verdiği bilinmektedir [7]. Genellikle en yüksek absorbansın okunduğu dalga boyları 430 – 470 nm arasında değişmektedir [8-12]. Ancak, çalışmamızda farklı renk tonları elde edilmiştir. Genellikle sarı, kahverengi ve bordo renk oluşumları tespit edilmiş ve en yüksek absorbansın görüldüğü dalga boyları bu karışımlarda 340 nm ve 489 nm arasında değişmektedir. Nigella-NP'de ise pembe renk oluşumu gözlenmiş ve en yüksek absorbansın gözlemlendiği dalga boyu 288 nm olarak belirlenmiştir (Şekil 14).



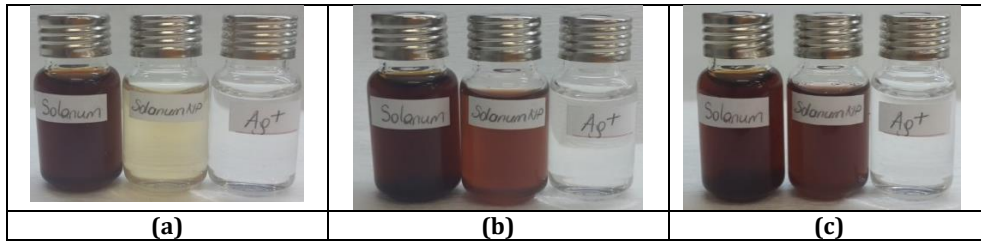
Şekil 2. Lavanta ekstresi, Lavandula-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



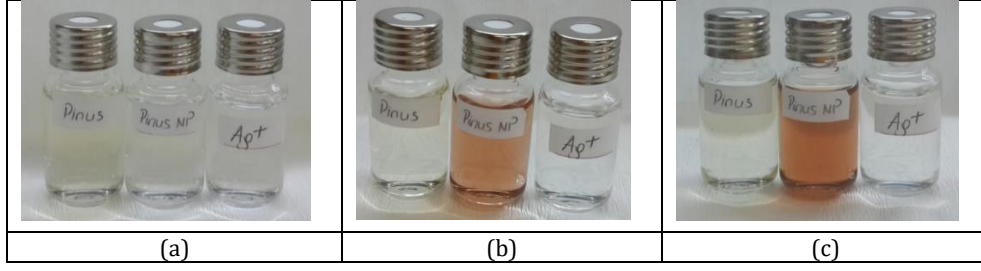
Şekil 3. Çörekotu ekstresi, Nigella-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



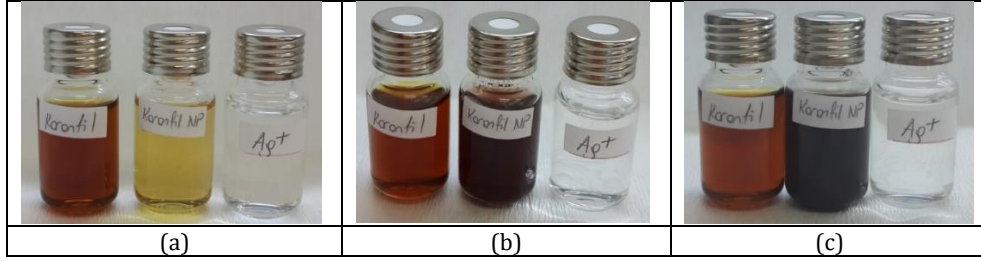
Şekil 4. Karabiber ekstresi, Piper-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



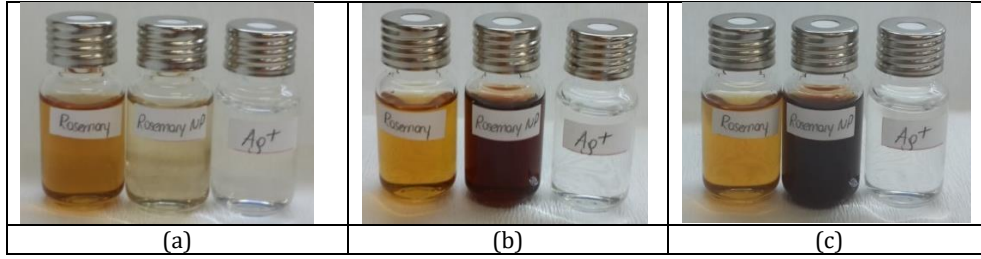
Şekil 5. Patlıcan ekstresi, Solanum-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



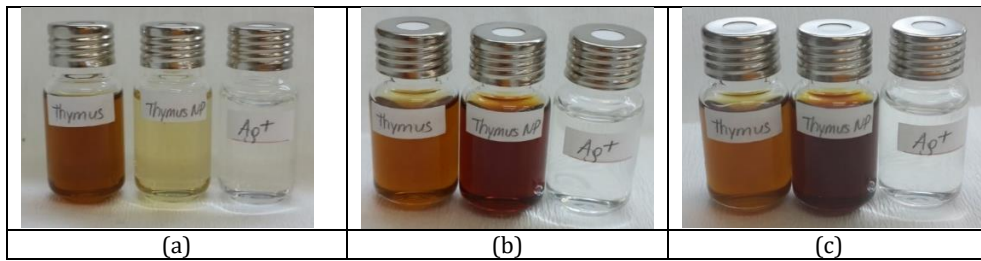
Şekil 6. Çam yaprağı ekstresi, Pinus-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



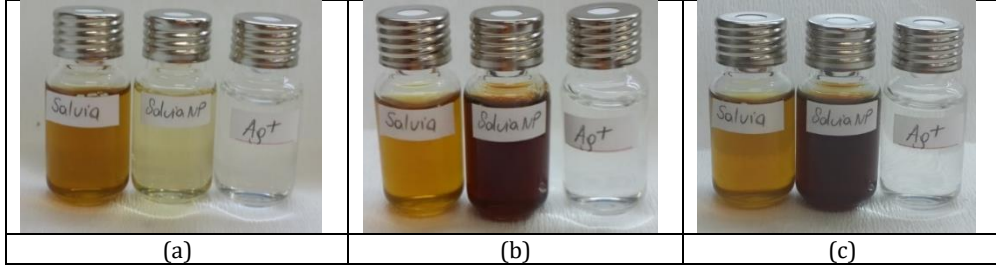
Şekil 7. Karanfil çiçeği ekstresi, Syzygium-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



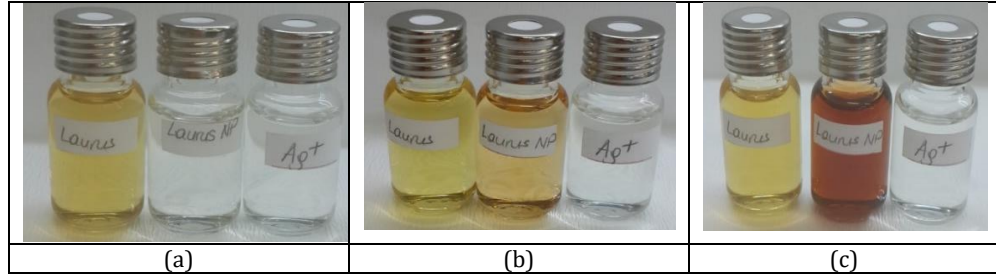
Şekil 8. Biberiye yaprağı ekstresi, Rosmarinus-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



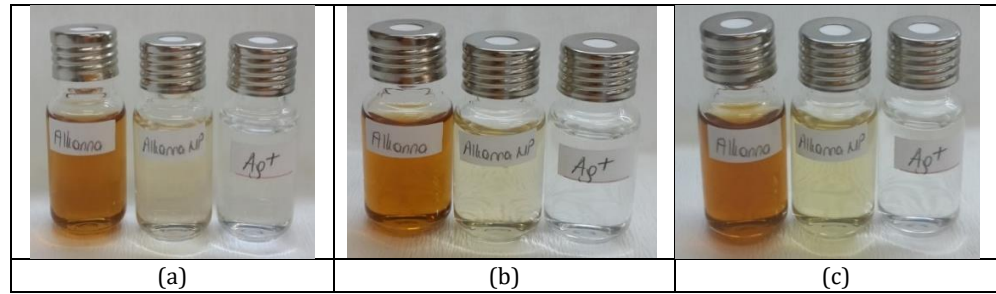
Şekil 9. Kekik yaprağı ekstresi, Thymus-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



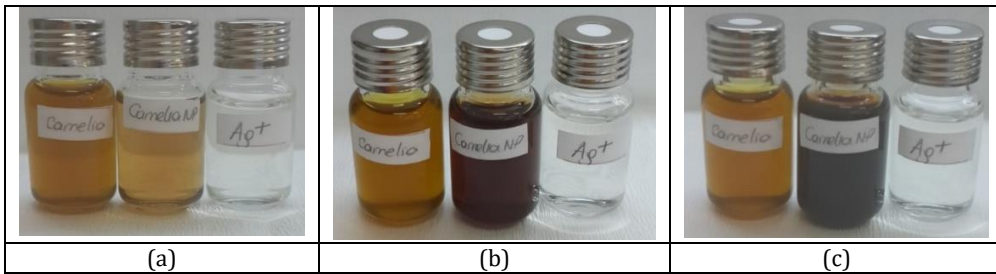
Şekil 10. Adaçayı yaprağı ekstresi, Salvia-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



Şekil 11. Defne yaprağı ekstresi, Laurus-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



Şekil 12. Havaciva kökü ekstresi, Alkanna-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.



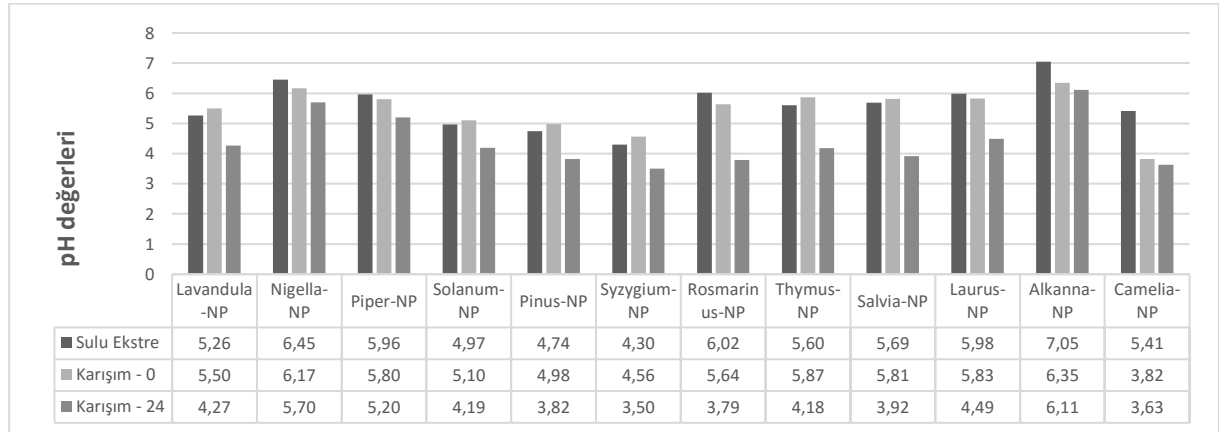
Şekil 13. Yeşilçay yaprağı ekstresi, Camelia-NP ve gümüş nitrat çözeltilerinin (a) karışımın ilk anında (b) karıştırmadan 2 saat sonra ve (c) karıştırmadan 24 saat sonraki renkleri.

Tablo 2. Bitki sulu ekstralarının rengi, gümüş nitrat çözeltisi ile elde edilen karışımların rengi ve renk yoğunluğu.

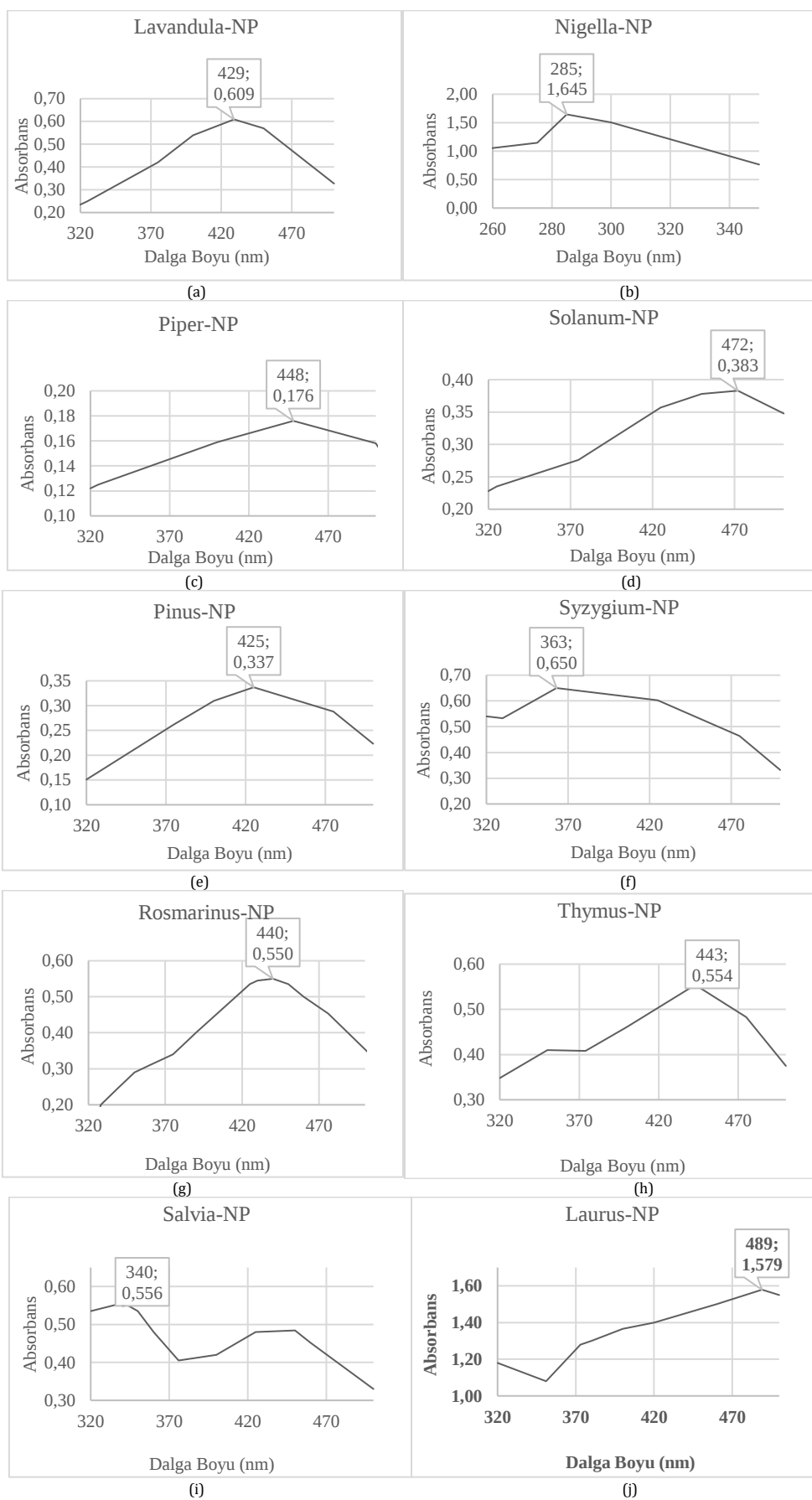
Karışım	Sulu Ekstre Rengi	Karışım Rengi (Karışım – 24)	Karışım Renk Yoğunluğu	Çökme	Dalga Boyu (nm)	Maksimum Absorbans
Lavandula-NP	Parlak sarı	Koyu bordo	Çok yoğun	Var	429	0,609
Nigella-NP	Yeşil	Uçuk pembe	Zayıf	Yok	288	1,737
Piper-NP	Kırmızı-Turuncu	Bordo	Zayıf	Yok	448	0,176
Solanum-NP	Siyah	Koyu bordo	Yoğun	Yok	472	0,383
Pinus-NP	Krem	Açık kahverengi	Zayıf	Yok	425	0,337
Syzygium-NP	Kızıl kahverengi	Kahverengi - Gri	Çok yoğun	Var	363	0,650
Rosmarinus-NP	Koyu sarı	Bordo - Kahverengi	Yoğun	Yok	440	0,550
Thymus-NP	Sarı	Siyah - Kahverengi	Yoğun	Yok	443	0,554
Salvia-NP	Sarı	Koyu kahverengi	Çok yoğun	Yok	340	0,556
Laurus-NP	Açık sarı	Açık kahverengi	Zayıf	Yok	489	1,579
Alkanna-NP	Açık sarı	Sarı	Zayıf	Yok	427	0,465
Camelia-NP	Açık kahverengi	Koyu bordo	Çok yoğun	Var	437	1,382

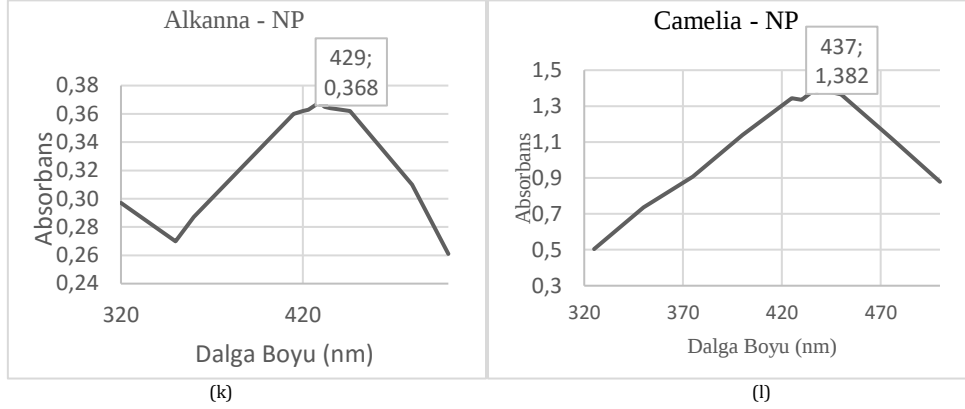
Renk bakımından en yoğun karışımlar Lavandula-NP (Şekil 2), Syzygium-NP (Şekil 7) ve Camelia-NP (Şekil 13) olarak belirlenmiştir ve bu karışımlarda 24 saat sonra çökelti olduğu gözlenmiştir. Nigella-NP (Şekil 3) ve Alkanna-NP (Şekil 12) ise yoğunluğun en az olduğu karışımlar olarak belirlenmiştir.

Biyosentetik gümüş nanopartikül sentezi sırasında gerçekleşen pH değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir. Veriler genel olarak incelendiğinde, karışımların son pH değerlerinin ilk pH değerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. 24 saat sonraki pH değerleri 3.50-6.11 arasında değişiklik göstermektedir.

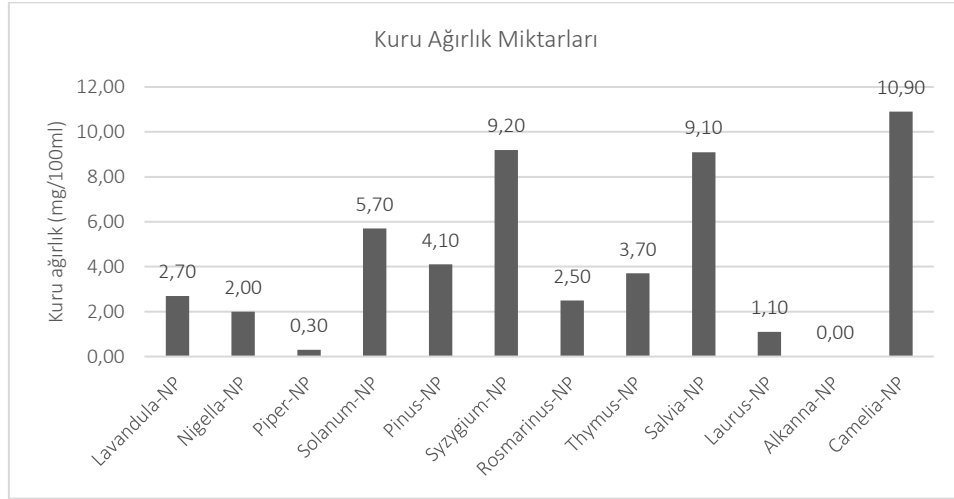
Tablo 3. Bitki ekstralarının pH değerleri ve gümüş nanopartikül karışımlarının ilk (karışım – 0) ve yirmi dört saat sonraki (karışım – 24) pH değerleri.

Karışımlarda görülen farklı yoğunluklar ve çökelti oluşumları sebebiyle kuru ağırlık miktarları tespit edilmiştir (Şekil 15). En yüksek kuru ağırlık miktarları sırasıyla Camelia-NP (10.90 mg/100ml), Syzygium-NP (9.20 mg/100 ml) ve Salvia-NP (9.10 mg/100 ml)'de elde edilmiştir. Bu karışımlar renk bakımından da yoğunluk gösteren örneklerdir. Lavanta-NP, renk bakımından yoğun bir örnek olmasına rağmen kuru ağırlık bakımından düşük bir değerde (2.70 mg/100 ml) kalmıştır. Bunun sebebi, santrifüj sırasında partiküllerin santrifüj tüpünün iç yüzüne yapışmasıdır. En az kuru ağırlıklar Piper-NP (0.30 mg/100 ml) ve Laurus-NP (1.10 mg/100 ml)'de tespit edilmiştir. Alkanna-NP'de ise santrifüj işleminden sonra herhangi bir çökelti elde edilemediği için kuru ağırlık miktarı belirlenememiştir.





Şekil 14. (a) Lavandula-NP, (b) Nigella-NP, (c) Piper-NP, (d) Solanum-NP, (e) Pinus-NP, (f) Syzygium-NP, (g) Rosmarinus-NP, (h) Thymus-NP, (i) Salvia-NP, (j) Laurus-NP, (k) Alkanna-NP ve (l) Camelia-NP karışımlarına ait UV-VIS absorpsiyon spektrumları.



Şekil 15. 24 saat sonra elde edilen örneklerdeki kuru ağırlık miktarları

4. SONUÇ

Antiseptik amaçlı gümüş iyonu uygulamalarında, mikroorganizmanın DNA'sının replikasyon yeteneğini kaybettiği ve hücrel proteinler ve enzimlere ek olarak ribozomal alt ünitelerin sentezlenemediği, dolayısıyla ATP sentezinin inaktif olduğu bildirilmiştir. Nanopartikül boyutu 1 μm 'den 10 nm'ye düştüğünde yüzey alanı 109 kat artmaktadır. Küçük gümüş nanopartiküllerinin büyük nanopartiküllere göre daha fazla yüzey alanına sahiptir. Bu sebeple bakterilere daha fazla temas etmeleri daha fazla inhibitör etkiye sebep olmaktadır [5,13]. Elde edilen sonuçlara göre, Nigella-NP, Piper-NP, Pinus-NP, Laurus-NP ve Alkanna-NP'nin nispeten daha az yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir ve bu durum daha küçük nanopartikül yapısını ve sahip olabilecekleri daha fazla yüzey alanını işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Sinha SN, Paul D, Halder N, Sengupta D, Patra SK. Green synthesis of silver nanoparticles using fresh water green alga Pithophora oedogonia (Mont.) Wittrock and evaluation of their antibacterial activity. Appl Nanosci 2015; 5(6): 703-709.
- [2] Karnani RL, Chowdhary A, Biosynthesis of silver nanoparticle by eco-friendly method. Ind J NanoSci 2013; 1(2): 25-31.

- [3] Nartop P. Biyosentetik gümüş nanopartiküllerinin *Pyracantha coccinea* bitkisinin gövde eksplantlarının yüzey sterilizasyonunda kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2016a; 23(6): 759-761.
- [4] Pal S, Tak YK, Song JM. Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the gram-negative bacterium *Escherichia coli*. Appl Envir Microbiol 2007; 73(6): 1712–1720.
- [5] Nartop P. Green sterilization of *Rosmarinus officinalis* L. stem surfaces with silver nanoparticles synthesized using *Rubia tinctorum* L. cell culture extracts. Iranian J Sci Tech, DOI: 10.1007/s40995-016-0065-0 (basımda).
- [6] Selvam K, Sudhakar C, Govarthanan M, Thiyagarajan P, Sengottaiyan A, Senthilkumar B, Selvankumar T. Eco-friendly biosynthesis and characterization of silver nanoparticles using *Tinospora cordifolia* (Thunb.) Miers and evaluate its antibacterial, antioxidant potential. J Radiation Res Appl Sci 2017; 10: 6-12.
- [7] Hussain J-I, Kumar S, Hashmi A-A, Khan Z. Silver nanoparticles: Preparation, characterization, and kinetics, Adv Mat Lett 2011; 2(3): 188-194.
- [8] Elemike EE, Onwudiwe DC, Ekennia AC, Katata-Seru L. Biosynthesis, characterization, and antimicrobial effect of silver nanoparticles obtained using *Lavandula x intermedia*. Res Chem Intermed 2017; 43: 1383–1394.
- [9] Gallucci MN, Fraire JC, Maillard APVF, PérezPL, Martínez IMA, Miner EVP, Coronado EA, Dalmasso PR. Silver nanoparticles from leafy green extract of Belgian endive (*Cichorium intybus* L. var. *sativus*): Biosynthesis, characterization, and antibacterial activity. Mat Lett 2017; 197: 98–101.
- [10] Sankaranarayanan A, Munivel G, Karunakaran G, Kadaikunnan S, Alharbi NS, Khaled JM, Kuznetsov D. Green synthesis of silver nanoparticles using *Arachis hypogaea* (Ground Nut) root extract for antibacterial and clinical applications, J Clust Sci 2017; 28:995–1008.
- [11] Kumar V, Singh DK, Mohan S, Bano D, Gundampati RK, Hasan SH. Green synthesis of silver nanoparticle for the selective and sensitive colorimetric detection of mercury (II) ion, J Photochem & Photobiol, B: Biology 2017; 168: 67–77.
- [12] Sinha SN, Paul D. Eco-friendly green synthesis and spectrophotometric characterization of silver nanoparticles synthesized using some common Indian spices. Int J of Green and Herbal Chem 2014; 3(2): 401-408.
- [13] Raza MA, Kanwal Z, Rauf A, Sabri AN, Riaz S, Naseem S, Size- and Shape-Dependent Antibacterial Studies of Silver Nanoparticles Synthesized by Wet Chemical Routes. Nanomat 2016; 6: 74.