

Hidrotermal yaklaşımın lignoselülozik yüzeydeki akıllı nano biyomimetik yansımaları

Doğu Ramazanoğlu^{a,*}, Ferhat Özdemir^b

Özet: Bu çalışmada, mobilya başta olmak üzere her türlü sektörde yaygın ve güvenilir bir şekilde kullanılan ahşap malzemelerin en zayıf yönleri olan su ve güneş ışığı dayanımlarının artırılması amaçlanmıştır. Demirli sülfat heptahidrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), nikel (II) klorür heksahidrat ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), etil alkol (EtOH), sodyum hidroksit (NaOH), ve potasyum nitrat (KNO_3)'ın kullandığı hidrotermal yaklaşım methodu ile ahşabın yüzeyinde oluşturulan nano yapılar ile anti-UV özellik sağlanıp fotodegradasyonun engellenmesi hedeflenmiştir. Daha sonra hidrotermal olarak fonksiyonlanan bu yeni yüzeyin oktadesiltrioklorosilan (OTS, %95) kullanılarak hidrofobize edilmesi ile yüzeyin neme ve suya karşı dayanımının artırılması hedeflenmiştir. Yapılan bu fonksiyonlandırma çalışmalarının karakterizasyonu için enerji dağıtıcı x-ışını (EDX), fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), x-ışını kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskopisi (SEM) analizleri yapılmıştır. Ayrıca, hidrofobizasyon özelliklerinin belirlenmesi için su temas açısı (WCA) ölçümü ve anti-UV özelliklerinin tespiti için ise UV-Vis spektrometresi kullanılmıştır. Fonksiyonlandırmadan sonra ölçülen renk ve yüzey parametrelerinin değişimleri sırasıyla, ISO 2469 (2014) ve ISO 4287 (1997) standartlarına göre incelenmiştir. Tüm bu çalışmalar sonucunda üretilen yeni yüzeyin su temas açısı $\theta \approx 105^\circ$ olarak ölçülmüştür. UV dalga boyunun 200-800 nm olduğu aralıkta anti-UV özellik belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Akıllı nano biyomimetik, Hidrotermal yaklaşım, Lignoselülozik yüzey

Intelligent nano biomimetic reflection of hydrothermal approach on lignocellulosic surface

Abstract: In this study, it is aimed to increase the water and sunlight resistance, which are the weakest aspects of wood materials, which are widely and reliably used in all sectors, especially furniture. Nano formed on the surface of wood with hydrothermal approach method using ferrous sulfate heptahydrate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Nickel (II) chloride hexahydrate ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), Ethyl alcohol (EtOH), Sodium hydroxide (NaOH), and Potassium nitrate (KNO_3) structures are aimed at providing anti-UV properties and preventing photodegradation. Energy diffuser x-ray (EDX), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD) and Scanning electron microscopy (SEM) analyzes were performed to characterize these functioning studies. In addition, water contact angle (WCA) measurement was used to determine hydrophobization properties and UV-Vis spectrometry was used to determine anti-UV properties. The changes of color and surface parameters after functioning were examined according to ISO 2469 (2014) and ISO 4287 standards, respectively. Anti-UV property is determined in the range where UV wavelength is 200-800 nm.

Keywords: Smart nano biomimetic, Hydrothermal approach, Lignocellulosic surface

1. Giriş

Nano metal komplekslerinin hidrotermal olarak ahşap yüzeyinde çöktürülmesi ilk olarak Oka ve araştırma grubu tarafından çalışılmıştır. Bu çalışmaların amacı odun yüzeyinde manyetik bir yapı oluşturulması ile ahşabın UV ışınlarından görebileceği zararın en aza indirilmesi olmuştur (Oka ve Fujita 1999; Oka vd., 2007; Oka vd., 2004a; Oka vd., 2002a; Oka vd., 2002b; Oka vd., 2004b; Oka vd., 2011). Hidrofilik ve gözenekli bir yapıya sahip olan odunun ağır metal kompleksleri ile hidrotermal olarak fonksiyonlanması UV dayanımını artırırken hidrofilik özelliğini artırarak neme ve suya olan dayanımını azaltmıştır. Buda, ahşap esaslı malzemelerin kullanım ömrünü azaltarak ekstra bakım maliyeti oluşturmaktadır. Bu

yüzden ahşap ve ahşap esaslı malzemelerine yönelik hidrofobizasyon çalışmaları önemlidir. Açık alanlarda kullanılan ahşap malzemelerde görülen renk değişimleri güneş ışığının lignoselülozik yüzeyde yaptığı fotodegradasyon sonucu açığa çıkan radikallerin havadaaki oksijenle girdikleri reaksiyonun sonucudur (Jirous-Rajkovic vd., 2004; Patachia vd., 2012; Salla vd., 2012) Nemin dunun daha alt katmanlara işlemesi ve sıcaklıktaki değişim sonucu hem odunun çalışması hemde sudaki genleşme ahşap için önemli bir sorundur (Hayoz vd., 2003). Gözenekli sarmal katmanların bir araya gelmesi ile oluşan hidrofilik odun yapısı nem ve sıcaklık değişiminin yanında, UV ışımına maruz kalması açık alanda kullanılan ahşap malzemelerin kullanım ömrünü önemli ölçüde azaltacaktır (Eichhorn vd., 2010; Lu vd., 2014; Hakkou vd., 2005). Sonuç olarak, hem

✉ ^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

^b Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Onikişubat Kahramanmaraş

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): doguramazanoğlu@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 04.03.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 12.08.2020



Citation (Atıf): Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2020. Hidrotermal yaklaşımın lignoselülozik yüzeydeki akıllı nano biyomimetik yansımaları. Turkish Journal of Forestry, 21(3): 324-331. DOI: [10.18182/tjf.695613](https://doi.org/10.18182/tjf.695613)

hidrofobik hemde UV dayanımı yüksek olarak yapılacak bir ahşap malzeme bu alanda olan ihtiyacı büyük oranda karşılayacaktır.

Bu çalışmada, NiFe_2O_4 nano parçacıkları hidrotermal yaklaşım kullanılarak odun yüzeyine çöktürülmüştür. NiFe_2O_4 nano parçacıkları konumlanması ile anti-UV özellik kazandırılan yüzeyin daha sonra, oktadesiltrioklorosilan (OTS, %95) kullanılarak hidrofobik bir yapı kazanması sağlanmıştır. Karakterizasyon çalışmalarında, taramalı elektron mikroskopisi (SEM), x-ışını kırınımı (XRD), fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ve enerji dağıtıcı x-ışını (EDX) enstrümanları kullanılmıştır. Son yüzeyin hidrofilik yapısı su temas açısı (WCA) ölçümleri yapılarak belirlenmiştir. UV-Vis spektrometre cihazı kullanılarak anti-UV özellikleri değerlendirilmiştir. ISO 4287 (1997) ve ISO 2469 (2014) standartlarına uygun olarak hidrotermal yaklaşım ve hidrofobizasyon çalışmaları sonrası yüzey ve renk parametrelerindeki değişimler gözlemlenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan kayın numuneler Kahramanmaraş (Türkiye) ilindeki ticari bir firmadan alınmıştır. Demirli sülfat heptahidrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ve nikel klorür (NiCl_2) Carlo Erba (İspanya), oktadesiltrioklorosilan (OTS, % 95) J.K(Hindistan), etil alkol (EtOH) ve sodyum hidroksit (NaOH) TEKKİM (İzmir) ve potasyum nitrat (KNO_3) Darmstadt, (Almanya) firmasından satın alınmıştır. 2.2. Yöntem

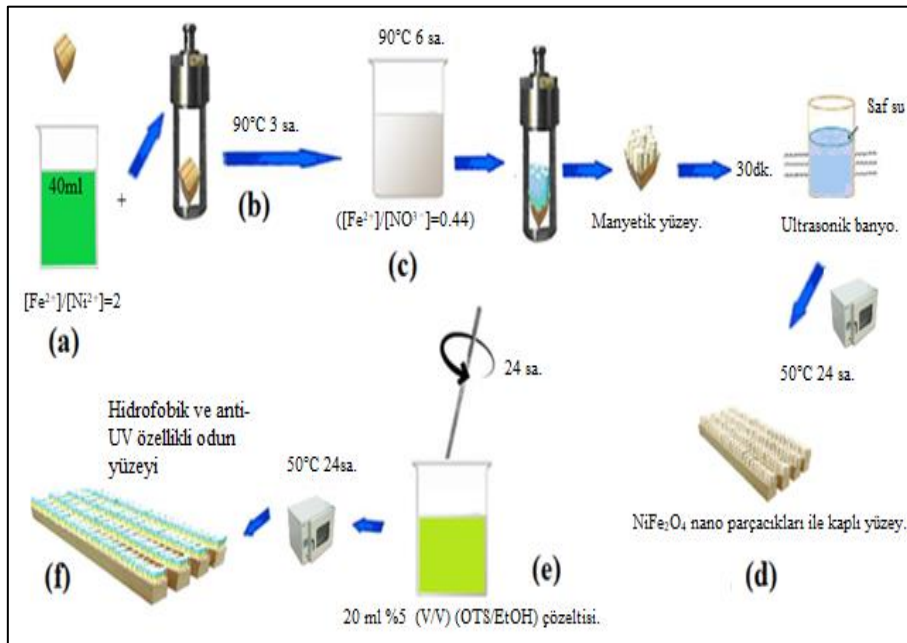
2.2.1. NiFe_2O_4 nano parçacıklarının lignoselülozik yüzeye hidrotermal yaklaşımı

Kayın masifinin fonksiyonlanarak anti-UV ve hidrofobik özellik kazandırılmasının şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.

Radyal 2 mm x teğet 10 mm x boyuna 15 mm olarak ayarlanan kayın numuneleri 30 dakika süre ile ultrasonik banyoya (40 kHz) alınmıştır. Daha sonra 105 °C' de 48 saat boyunca kurutulmuştur. Daha sonra, molar konsantrasyon oranının $[\text{Fe}^{2+}]/[\text{Ni}^{2+}]=2$ olduğu reaksiyon çözeltisine (Şekil 1a) alınıp 90°C 3 saat süresince hidrotermal ortama alınmıştır (Şekil 1b). Sonra, 1.32M'lık NaOH ve KNO_3 çözeltileri kullanılarak hazırlanan ikinci bir reaksiyon çözeltisi ($[\text{Fe}^{2+}]/[\text{NO}^3]=0.44$) 90°C'de 6 saat boyunca maruz bırakılmıştır (Şekil 1c). Böylece, NiFe_2O_4 nano parçacıklarının ahşap yüzeyde hidrotermal olarak çöktürülmesi sağlanmıştır. Son olarak, reaksiyona dahil olmayan kimyasalların ortamdan uzaklaştırılması için numuneler 30 dk. ultrasonik banyoda yıkanmıştır (Şekil 1d) ve 50°C 24 saat kurutulmuştur.

2.2.2. NiFe_2O_4 nano parçacıkları ile kaplı yüzeyin hidrofobizasyonu

Hidrofobizasyon basamağı için 20 ml'lik %5'lik (V/V) oktadesiltrioklorosilan (OTS) içeren etanol (EtOH) hazırlanmıştır. NiFe_2O_4 nano parçacıkları ile kaplı numuneler hazırlanan bu çözeltiye mekanik karıştırıcı kullanılarak 24 saat boyunca maruz bırakılmıştır (Şekil 1e). Daha sonra, 24 saat süre boyunca 50°C'lik etüvde kurutulmuştur. Daha sonra, anti-UV özelliğe sahip olan numunelerin hidrofobizasyonu (Şekil 1f) sağlanmıştır.



Şekil 1. Hidrotermal süreç ve hidrofobizasyonun şematik gösterimi. Reaksiyon çözeltisinin hazırlanması (a), birinci hidrotermal süreç (b), ikinci reaksiyon çözeltisi (c), NiFe_2O_4 nano parçacıklarının lignoselülozik yüzeyde konumlanması (d), NiFe_2O_4 nano parçacıkları ile kaplı yüzeyin OTS ile hidrofobizasyonu (e), hidrofobik ve anti-UV özellikli odun

3. Bulgular ve tartışma

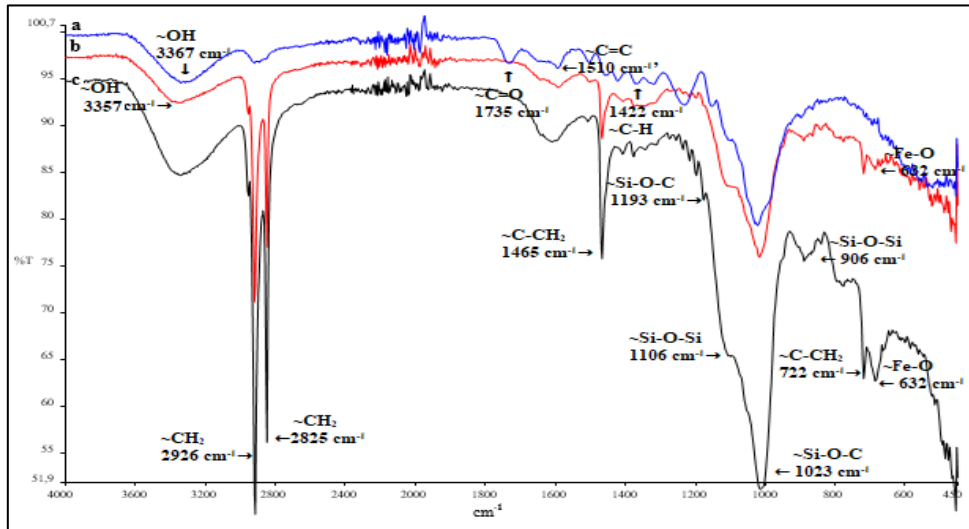
3.1. FTIR Analizi

NiFe₂O₄ nano parçacıklarının ahşap yüzeye hidrotermal olarak konumlandırılmasından sonra, OTS ile yapılan hidrofobizasyona ait FTIR spektrumları Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2a' da 3367 cm⁻¹ civarında görülen geniş pik selülozun (~OH) hidroksil pikidir (Liang ve Marchessault, 1959; Schwanninger vd., 2004). Hidrotermal süreç sonrası deformasyona uğrayan metil gruplarına ait asimetric ~C-H pikleri 1422 cm⁻¹, de (Lu vd., 2014) ortaya çıkmıştır. 1735 cm⁻¹ ve 1510 cm⁻¹ beliren pikler lignoselülozik yapıdaki ~C=O ve ~C=C titreşimlerine aittir. Normalde 3367 cm⁻¹'de olan bandın daralma göstererek 3357 cm⁻¹ civarlarında oluşumu (Şekil 2b) NiFe₂O₄ nano parçacıklarının selüloz yüzeyine tutunduğunu gösterir (Lu vd., 2014; Ramazanoğlu ve Özdemir, 2020b). Buna ilaveten, 632 cm⁻¹'deki pik ~Fe-O titreşimine ait olup NiFe₂O₄ nano parçacıklarının yüzey hidrofilitisini artıran piklerdir (Waldron, 1955). OTS'nin NiFe₂O₄ nano parçacıkları ile kaplı yüzeyde kümelenmesi ile oluşan yeni

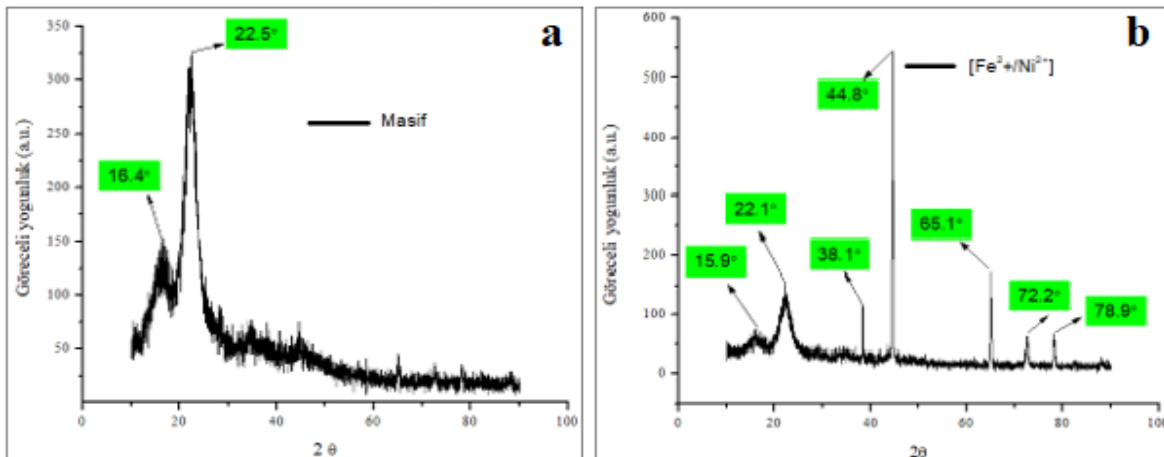
tabakaya ait Şekil 2c'de 2926 cm⁻¹ ve 2825 cm⁻¹ dolaylarında beliren sivri pikler metil ve metilen gruplarına ait ~C-H gerilmelerini göstermekte ve OTS molekülünün selüloza ait (~OH) gruplarına yaklaşmasıyla oluşan Si-O-C bağı pikini 1193 cm⁻¹'de gözlemlenmektedir (Faux, 1991).

3.2. XRD Analizi

Demir ve nikel tuzları ile hazırlanan, molar konsantrasyon oranının 2 olduğu ([Fe²⁺]/[Ni²⁺]=2) reaksiyon çözeltisi ile hidrotermal sürece maruz bırakılan ahşap numunelerinin XRD spektrumları Şekil 3'de verilmiştir. Masif odununun selülozuna ait kırınım pikleri Şekil 3a'da 16.4° ve 22.5° olarak görülmektedir (Andersson vd., 2003; Borysiak ve Doczekalska, 2005; Kumar vd., 1993). Hidrotermal süreç sonrası lignoselülozik yüzeyde gözlemlenen (Şekil 3b) 15.9°, 22.1°, 38.1°, 44.8°, 65.1°, 72.2° ve 78.9° yeni kırınım pikleri NiFe₂O₄ nano parçacıkları tarafından ahşap yüzeyde oluşturulan (Fatemi vd., 1999; Vestal ve Zhang, 2004; Saleem ve Varshney, 2017 Ramazanoğlu ve Özdemir, 2020b) yeni bir kristal yapının varlığını göstermektedir.



Şekil 2. Masif odun (a), NiFe₂O₄ nano parçacıkları ile kaplı yüzey (b) ve OTS ile hidrolize edilmiş yüzeyin (c) FTIR spektrumları



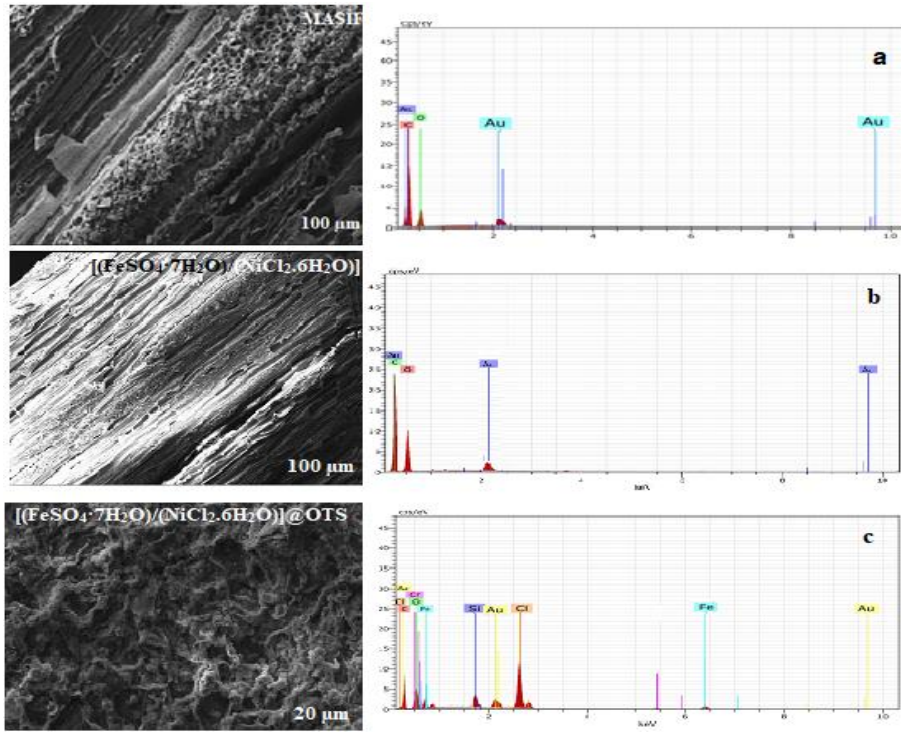
Şekil 3. XRD spektrumları, masif odun (a), NiFe₂O₄ metal nano parçacıklarıyla müdahale edilen yüzey (b)

3.3. SEM ve EDX Analizi

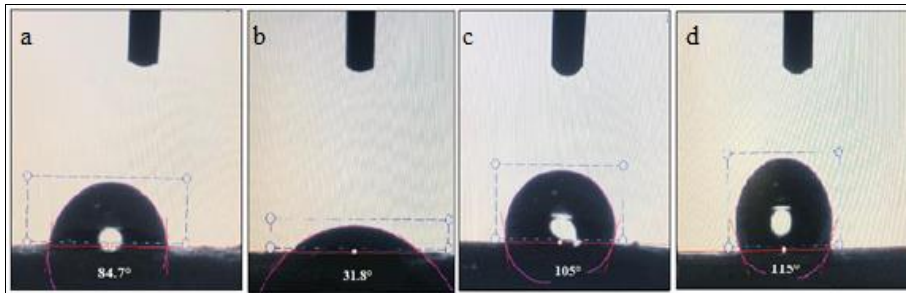
Hidrotermal yaklaşımla NiFe_2SO_4 nano parçacıklarının masif yüzeye çöktürülmesi ve hidrofobizasyon sonrası yanıl çözünürlükleri 20–100 nm arasında çekilen SEM görüntüleri ve EDX spektrumları Şekil 4.'de verilmiştir. Masif numunenin EDX spektrumunda (Şekil 4a.) oksijen, karbon ve yüzey iletkenliği için yapılan kaplamaya ait altın pikleri açıkça görülmektedir. EDX spektrumunda Şekil 4b'de görülemeyen demir (Fe) piki OTS tarafından yapılan hidrofobizasyon çalışması sonunda Şekil 4c'de silan (Si) ve demir (Fe) pikleri olarak görülmektedir (Gao vd., 2015). Ayrıca, Şekil 4c.'de SEM görüntülerinde (20 nm) NiFe_2O_4 nano ölçekli çıkıntılıların OTS tarafından oluşturulan ince tabaka ile kaplandığı görülmektedir. Biomimetik olarak tasarlanmış bu tür yüzey formları hidrofobizasyon için önem arz etmektedir (Xia vd., 2012; Li vd., 2013; Lu vd., 2014).

3.4. Su Temas Açısı Analizi

Masif odun (Şekil 5a), NiFe_2O_4 nano parçacıklarının yüzeye hidrotermal yaklaşımı (Şekil 5b), yalnızca, OTS ile müdahale edilmiş yüzey (Şekil 5c) ve hidrotermal ve hidrofobizasyona tabi olan yüzey (Şekil 5d) örneklerinin su temas açıları (WCA) Şekil 5'de verilmiştir. Masif odunun su temas açısı θ 84.7° iken (Şekil 5a), NiFe_2O_4 parçacıklarının lignoselülozik yüzeye hidrotermal yaklaşımından sonra % 62.4 oranında düşürerek θ 31.8° (Şekil 5b) olarak düşmesine neden olmuştur (Gan vd., 2015). Yapılan bir çalışmada, masif yüzeyin OTS ile hidrofobizasyonu sonucu su temas açısı 100° olarak ölçülmüştür (Gan vd., 2015). Bu çalışmada, OTS ile hidrofobizasyon işlemine alınan örnekte su temas açısı %23.9 daha fazla olan θ 105° olarak ölçülmüştür (Şekil 5c). NiFe_2O_4 nano parçacıklarının ahşap yüzeyinde konumlanması ve takiben OTS ile yapılan hidrofobizasyon su temas açısını %265 oranında artmış θ 115° olarak (Şekil 5d) ölçülmüştür.



Şekil 4. Masif odun (a), NiFe_2O_4 nano parçacıkları kaplı yüzey (b) ve NiFe_2O_4 nano parçacıkları ve OTS kaplı yüzeyin (c) SEM fotoğrafları ve EDX spektrumları

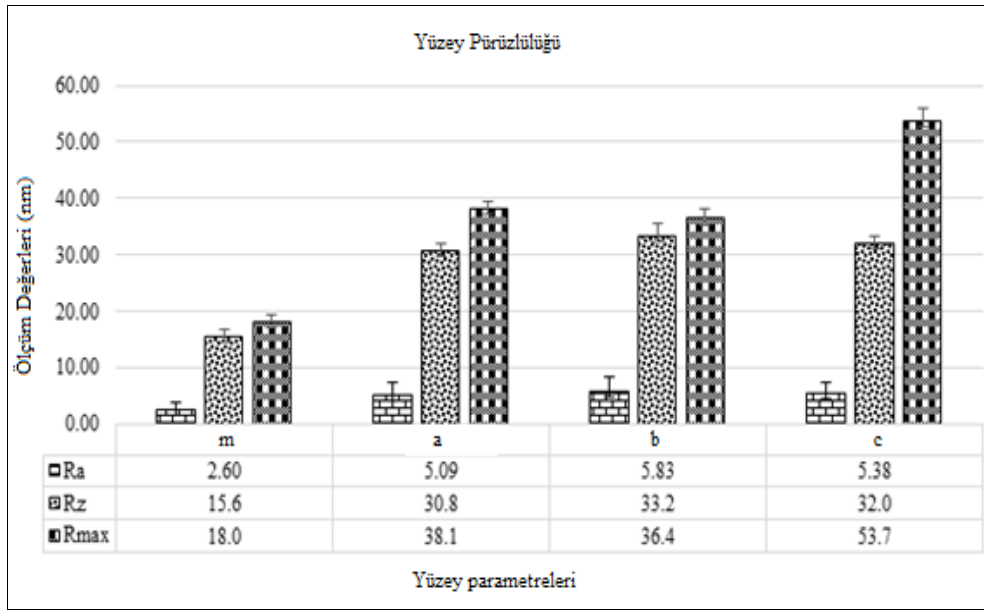


Şekil 5. Masif odun (a), NiFe_2O_4 nano parçacıkları kaplı yüzey (b), sadece OTS ile müdahale edilmiş yüzey (c) ve NiFe_2O_4 nano parçacıkları ve OTS kaplı yüzeyin (d) su temas açıları

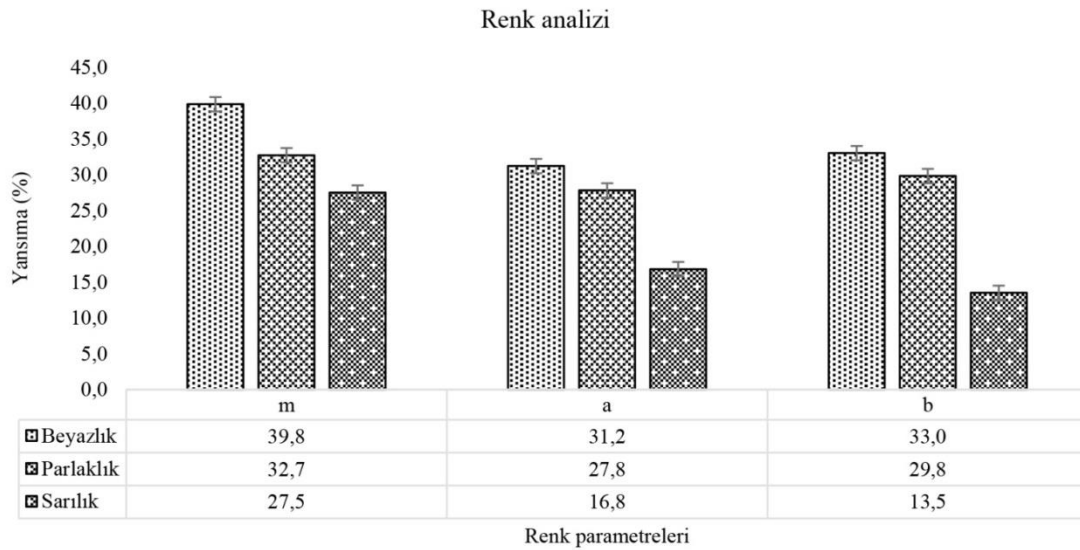
3.5. Yüzey pürüzlülüğü analizi

Masif numunenin (Şekil 6m) yüzey pürüzlülük parametreleri olan Ra, Rz ve Rmax değerleri (nm) hidrotermal süreç sonrası a numunesi için sırasıyla %95.7, %97.4 ve %111 artış olurken (Şekil 6a), b numunesinde %124, %112 ve %102 olarak daha fazla artış gözlenmiştir (Şekil 6b). Bunun nedeni ultrasonik banyonun lignoselülozik yüzeyde meydana getirdiği tahribat sonucu oluşan hücre duvarlarının yırtılması, lümenlerin açılması gibi nedenlerdir (He vd., 2014; Ramazanoğlu ve Özdemir, 2020a). Bu nedenle, NiFe₂O₄ nano parçacıkları a ve b numunelerinde farklı katmanlardaki selüloza ait hidroksil (~OH) gruplarından etkilenebilirler (Tarleton, 1992; Wan vd., 1992; Floros ve Liang, 1994; Tarleton ve Wakeman,

1998; De La Fuente-Blanco vd., 2006; Fernandes vd., 2008; Chandrapala vd., 2013). OTS'nin kullanıldığı hidrofobizasyon sonrası b numunesinin Rmax değeri, %47.5 oranında artarken Ra ve Rz değerlerinde sırasıyla, %7.71 ve %3.01 oranında azalma göstermiştir. Ultrasonik yıkama dışındaki hidrofobizasyondan önce ise NiFe₂O₄ nano parçacıkları numune yüzeyinde kümelenmesinden kaynaklı (Gan vd., 2015; Gao vd., 2015; Ramazanoğlu ve Özdemir, 2020b) olabilir. Yüzey parametrelerindeki değişimin hidrofobizasyondan sonra görülmesi (Şekil 6c). OTS'nin NiFe₂O₄ nano parçacıklarını perdeleyerek örtmesinden oluşan bir yapı olup hidrofobik yüzey için gerekli olan biyomimetik yapının (Barthlott ve Neinhuis, 1997; Feng vd., 2002; Özdemir vd., 2018a) son basamağını oluşturur.



Şekil 6. Masif odun (m), direk hidrotermal sürece alınan numune (a), ultrasonik banyo sonrası hidrotermal sürece alınan numune (b) ve (c) ultrasonik banyo/hidrotermal süreç ve hidrofobizasyonu yapılan numune



Şekil 7. Masif odun (m), NiFe₂O₄ nano parçacıkları ile kaplı yüzey (a) ve (b) NiFe₂O₄ nano parçacıkları sonrası OTS ile müdahale edilen yüzey

3.6. Renk Analizi

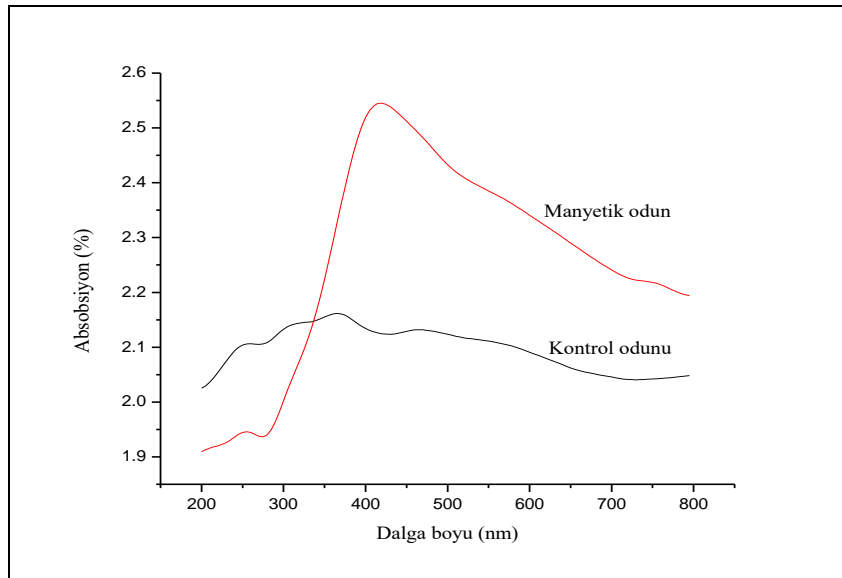
Masif numunesi (Şekil 7m), NiFe_2O_4 nano parçacıkları hidrotermal lokasyonu sonrası renk değişim parametreleri (%) (Şekil 7a), OTS ile yapılan hidrofobizasyondan sonraki renk değişim parametrelerindeki (Şekil 7b) beyazlık, parlaklık ve sarılık değer değişim yüzdeleri Şekil 7'de verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda masif odunun (Şekil 7m) renk parametreleri beyazlık, parlaklık ve sarılık değerleri olarak sırasıyla, %39.8, %32.7 ve %27.5 bulunurken, NiFe_2O_4 nano parçacıklarının hidrotermal konumlanmasından sonra (Şekil 7a) sırasıyla, %31.2, %27.8 ve %16.8 olmuştur. Renk parametrelerinde gözlemlenen bu değişim oranları ağır metal iyonlarının masif yüzeye tutunması sonucu oluşan kırılım farklılığıdır (Gust ve Suwalski, 1994; Özdemir vd., 2018b; Ramazanoğlu ve Özdemir, 2019). Renk parametrelerinin hidrofobizasyon sonrası değişimleri (Şekil 7b) sırasıyla, %33.0, %29.8 ve %13.5 olarak belirlenmiştir. Her aşama sonrası görülen bu değişimler fonksiyonlanmanın başarılı olduğunu göstermektedir. Masif odun numunesinin (Şekil 8m) yüzeyinin NiFe_2O_4 nano partikülleri tarafından hidrotermal olarak fonksiyonlandırılması sonrası (Şekil 8a) ve bunu takiben OTS kullanılarak yapılan hidrofobizasyon işleminden sonra (Şekil 8b) görülen renk farklılıkları Şekil 8'deki gibidir.

3.7. UV Absorbsiyon

İşlem görmemiş kontrol odunu ve hidrotermal süreç sonrası yüzeyinin NiFe_2O_4 nano parçacıkları tarafından kaplanması ile elde edilen manyetik odun yüzeyinin UV ışınımı altındaki absorpsiyon davranışı Şekil 9'daki UV spektrumunda görülmektedir. 2011 yılında Zhu ve grubunun yaptığı bir çalışmada CoFe_2O_4 nano parçacıkları tarafından fonksiyonlanan odun numunesinin 200-800 nm dalga boyu arasında yapılan UV ışınımında absorplama özelliği olduğunu (Zhu vd., 2011) belirtmişlerdir. NiFe_2O_4 nano partiküllerinin odun yüzeyine hidrotermal olarak konumlandırılması ile sağlanan manyetik odun numunesinde 200-800 nm dalga boyu aralığında, kontrol numunesine kıyasla UV absorpsiyonlama gösterdiği belirlenmiştir. NiFe_2O_4 nano parçacıklarının ahşap yüzeye kazandırdığı bu özellik sayesinde UV ışınlarının absorbe edilerek odun yapısındaki fotodegradasyonu (Donath vd., 2007) engellenmiştir. 200-800 nm dalga boyları arasında absorpsiyonlama özelliği gösteren NiFe_2O_4 nano parçacıklarının maksimum UV absorpsiyon aralığı yaklaşık 350-500 nm olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. İkinci aşama numunelerinin renk değişimleri



Şekil 9. Kontrol odunu; işlem görmemiş masif odun numunesi, Manyetik odun; NiFe_2O_4 nano parçacıkları fonksiyonlanmış odun

4. Sonuçlar

Yaşam alanlarında yaygın olarak kullanılan ahşap malzemeler doğal, güvenilir ve özgün olmalarının aksine; hidrofilik ve gözenekli yapılarından dolayı nem ve UV dayanımları düşük malzemelerdir. Bu çalışmada; ahşabın suya ve güneş ışığına olan dayanımı artırılıp dış ortamlardaki kullanım sürelerinin uzatılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda yapılan fonksiyonlandırma çalışmaları ile ahşap yüzeyinin NiFe_2O_4 parçacıkları tarafından hidrotermal olarak fonksiyonlanması ile anti-UV özellik kazanması, OTS ile yapılan müdahale ile hidrofobik bir yapıya ulaşması amaçlanmıştır. Karakterizasyon çalışmaları için yapılan FTIR analizinde masif numunenin selüloz molekülüne ait olan hidroksil $\sim\text{OH}$ bandında görülen 3367 cm^{-1} 'den 3357 cm^{-1} 'e olan daralma, 632 cm^{-1} 'deki pik $\sim\text{Fe-O}$ titreşimine ve OTS ile müdahale sonrası görülen 2920 cm^{-1} ve 2825 cm^{-1} $\sim\text{C-H}$ ve 1193 cm^{-1} 'de $\sim\text{Si-O-C}$ gerilmeleri, EDX analizlerinde OTS sonrası görülen Si ve Fe pikleri ve SEM fotoğraflarındaki NiFe_2O_4 partiküllerinin çıkıntıları üzerindeki OTS tarafından oluşturulan ince biyomimetik katmanlar, Su temas açısı ölçümlerinde NiFe_2O_4 parçacıklarının yüzeye olan hidrotermal yaklaşımı sonrası görülen % 62.4 oranındaki düşme ve hidrofobizasyon sonrası görülen %265 oranındaki artış, her fonksiyonlandırma aşamasından sonra görülen renk ve yüzey parametrelerindeki değişimler ile 200-800 nm dalga boyunda alınan UV spektrumunda gözlenen UV absorpsiyonu NiFe_2O_4 nano partiküllerin lignoselülozik yüzeye uygulanan hidrotermal yaklaşım ile konumlandığını ve OTS kullanılarak yapılan hidrofobizasyon çalışmalarında başarılı olduğunu göstermektedir.

Açıklama

Bu çalışma, KSÜ BAP tarafından finansal olarak desteklenmiştir. Proje no: 2018/3-20 D.

Kaynaklar

- Andersson, S., Serimaa, R., Paakkari, T., Saranpaa, P., Pesonen, E., 2003. Crystallinity of wood and the size of cellulose crystallites in Norway spruce (*Picea abies*). *Journal of Wood Science*, 49: 531–537.
- Barthlott, W., Neinhuis, C., 1997. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202: 1–8.
- Borysiak, S., Doczekalska, B., 2005. X-ray diffraction study of pine wood treated with NaOH fibers. *Textiles Eastern Europe*, 13: 87-89.
- Chandrapala, J., Oliver, C.M., Kentish, S., Ashokkumar, M., 2013. Use of power ultrasound to improve extraction and modify phase transitions in food processing. *Food Reviews International*, 29(1): 67-91.
- Donath, S., Miltz, H., Mai, C., 2007. Weathering of silane treated wood. *Holz als Roh-und werkstoff*, 65(1): 35.
- De La Fuente-Blanco, S., De Sarabia, E., R.F., Acosta-Aparicio, V.M., Blanco-Blanco, A., Gallego-Juarez, J.A., 2006. Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics*, 44: 523-527.
- Eichhorn, S.J., Dufresne, A., Aranguren, M., 2010. Review: Current International Research into Cellulose Nanofibers and Nanocomposites. *Journal of Materials Science*, 45(1): 1–33.

- Faux, O., 1991. Classification of Lignins From Different Botanical Origins by FT-IR Spectroscopy. *Holzforschung*, 45: 21–28.
- Feng, L., Li, S., Li, Y., Li, H., Zhang, L., Zhai, J., Song, Y., Liu, B., Jiang, L., Zhu, D., 2002. Super-Hydrophobic surfaces: From natural to artificial. *Advanced Materials*, 14: 1857–1860.
- Fatemi, D.J., Harris, V.G., Chen, M.X., Malik, S.K., Yelon, W.B., Long, G.J., and Mohan. A., 1999. X-ray absorption, neutron diffraction, and mössbauer effect studies of mnzn -ferrite processed through high-energy ball milling. *Journal of Applied Physics*, 85, 5172-5174.
- Fernandes, F.A.N., Linhares, F.E.J., Rodrigues, S., 2008. Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(6): 1049-1054.
- Floros, J.D., Liang, H., 1994. Acoustically assisted diffusion through membranes and biomaterials. *Food Technology*, 48(12): 79-84.
- Gan, W.T. Gao, L.K. Sun, F.Q. Jin, C.D. Lu, Y. Li J., 2015. Multifunctional wood materials with magnetic, superhydrophobic and anti-ultraviolet properties. *Applied Surface Science*, 322: 565-572.
- Gao, L., Lu, Y., Zhan, X., Sun, Q., 2015. A Robust, anti-acid, and high-temperature humidity-resistant superhydrophobic surface of wood based on a modified TiO_2 film by fluoroalkyl silane. *Surface and Coatings Technology*, 262: 33-39.
- Gust, J., Suwalski, J., 1994. Use of mossbauer spectroscopy to study reaction products of polyphenols and iron compounds. *Corrosion*, 50(5): 355-365.
- Hakkou, M. Pétrissans, M., Zoulalian, A., 2005. Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis. *Polymer Degradation Stability Journal*, 89: 1–5.
- Hayoz, P., Peter, W., Rogez, D., 2003. A new innovative stabilization method for the protection of natural wood. *Progress in Organic Coatings*, 48(2-4): 297-309.
- He, Z., Zhao, Z., Yang, F., Yi, S., 2014. Effect of ultrasound pretreatment on wood prior to vacuum drying. *Maderas Ciencia y Tecnologia*, 16(4): 395-402.
- Jirous-Rajkovic, V., Bogner, A., Radovan, D., 2004. The efficiency of various treatments in protecting wood surfaces against weathering. *Surface and Coatings Technology*, 87: 15–19.
- Kumar, M., Gupta, R.C., Sharma, T., 1993. X- ray diffraction studies of acacia and eucalyptus wood chars. *Journal of Materials Science*, 28(3): 805-810.
- Li, N., Xia, T., Heng, L., Liu, L., 2013. Superhydrophobic Zr-based metallic glass surface with high adhesive force. *Applied Physics Letters*, 102(25): 251603.
- Liang, C.Y., Marchessault, R.H., 1959. Infrared spectra of crystalline polysaccharides. Hydrogen bonds in native celluloses. *Journal of Polymer Science*, 37: 385–395.
- Lu, Y., Xiao, S., Gao, R., Li, J., Sun, Q., 2014. Improved weathering performance and wettability of wood protected by CeO_2 coating deposited onto the surface. *Holzforschung*, 68: 345–351.
- ISO 4287, 1997. Geometrical product specifications surface texture profile method terms. Definitions and surface texture parameters. International Standart Organization.
- ISO 2469, 2014. Paper, board and pulps measurement of diffuse radiance factor diffuse reflectance factor. International Standart Organization.
- Oka, H., Kataoka, Y., Osada, H., Aruga, Y., 2007. Experimental study on electromagnetic wave absorbing control of coating-type magnetic wood using a grooving process. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 310: E1028–E1029.
- Oka, H., Hamano, H., Chiba, S., 2004a. Experimental study on actuation functions of coating-type magnetic. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 272: E1693–E1694.

- Oka, H., Hojo, A., Seki, K., Takashiba, T., 2002a. Wood construction and magnetic characteristics of impregnated type magnetic wood. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 239: 617–619.
- Oka, H., Narita, K., Osada, H., Seki, K., 2002b. Experimental results on indoor electromagnetic wave absorber using magnetic wood. *Journal of Applied Physics*, 91: 7008–7010.
- Oka, H., Tokuta, H., Namizaki, Y., Sekino N., 2004b. Effects of Humidity on The Magnetic and Woody Characteristics of Powder-Type Magnetic Wood. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 272: 1515–1517.
- Oka, H., Uchidate, S., Sekino, N., 2011. Electromagnetic wave absorption characteristics of half carbonized powder-type magnetic wood. *IEEE Transactions on Magnetics*, 47: 3078–3080.
- Oka, H., Fujita, H., 1999. Experimental study on magnetic and heating characteristics of magnetic wood. *Journal of Applied Physics*, 85(8): 5732-5734.
- Özdemir, F., Ramazanoğlu, D., Tutuş, A., 2018a. Akıllı malzemeler için biyomimetik yüzey tasarımları. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 20(3): 1-1.
- Özdemir, F., Ramazanoğlu, D., Tutuş, A., 2018b. Göknar odunun yüzey kalitesi üzerine yaşlandırma süresi, zımparalama ve kesit yönü etkisinin araştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2): 194-204.
- Patachia, S., Croitoru, C., Friedrich, C., 2012. Effect of UV exposure on the surface chemistry of wood veneers treated with ionic liquids. *Applied Surface Science*, 258: 6723–6729.
- Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2020a. Ön İşlem Olarak Uygulanan Ultrasonik Banyonun Ceviz Kaplamaların Özellikleri Üzerine Etkileri . *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 479-484.
- Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2020b. Ahşap yüzeyde akıllı nano biyomimetik hidrotermal lokasyonlama. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* , 22 (2) , 447-456.
- Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2019. Heavy metal absorbption of wood as natural smart material. III. International Mediterranean Forest and Environment Symposium, 03-05 October, Kahramanmaraş, s. 364-368.
- Salla, J., Pandey, K.K., Srinivas, K., 2012. Improvement of Uv resistance of wood surfaces by using ZnO nanoparticles. *Polymer Degradation Stability Journal*, 97: 592–596.
- Saleem, M., Varshney, D., 2017. Influence of transition metal Cr²⁺ doping on structural, electrical and optical properties of Mg-Zn Aluminates. *Journal of Alloys and Compounds*, 708, 397-403.
- Schwanninger, M., Rodrigues, J.C., Pereira, H., Hinterstoisser, B., 2004. Effects of short-time vibratory ball milling on the shape of FT-IR spectra of wood and cellulose. *Vibrational Spectroscopy*, 36: 23–40.
- Tarleton, E., 1992. The Role of Field-Assisted techniques in solid/liquid separation. *Filtr Separat*, 29(3): 246-238.
- Vestal, R., Zhang, J.Z., 2004. Magnetic spinel ferrite nanoparticles from microemulsions international. *Journal of Nanotechnology*, 1, 240–263.
- Wan, P.J., Muanda, M.W., Covey, J.E., 1992. Ultrasonic Vs nonultrasonic hydrogenation in a batch reactor. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 69(9): 876-879.
- Xia, T., Li, N., Wu, Y., Liu, L., 2012. Patterned Superhydrophobic Surface Based on Pd Based Metallic Glass. *Applied Physics Letters*, 101(8): 081601.
- Zhu, Z., Li, X., Zhao, Q., Shi, Y., Li, H., Chen, G., 2011. Surface photovoltage properties and photocatalytic activities of nanocrystalline CoFe₂O₄ Particles with Porous Superstructure Fabricated by A Modified Chemical Coprecipitation Method. *Journal of Nanoparticle Research*, 13: 2147–2155.