

## Manyetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanopartiküllerinin Siyanurik Klorür Yoluyla Poli (ε-Kaprolakton)' a Bağlanması, Termal ve Manyetik Özelliklerinin İncelenmesi

Mustafa Ersin PEKDEMİR<sup>1\*</sup>, Mehmet COŞKUN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada öncelikle halka açılma polimerizasyon yöntemiyle poli (ε-kaprolakton) (PCL) sentezlendi. Ardından PCL' ye siyanürik klorür (CC) bileşiği bağlandı ve 3-aminopropil trimetoksisilan ile kaplanmış manyetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanopartikülleri (MNP) ile modifiye edildi. Sentezlenen polimerlerin karakterizasyonu FT-IR, <sup>1</sup>H-NMR ve <sup>13</sup>C-NMR ile yapıldı. Termal veriler a-MNP' nin termal kararlılığının (PCL-g-CC) bağlandıktan sonra düştüğünü gösterdi. Titreşimli numune manyetometre (VSM) ölçümlerinden (a-MNP)' nin doygunluk manyetizasyon değeri ( $M_s$ ) 52.07 emug<sup>-1</sup> ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin  $M_s$  değerinin ise 32.08 emug<sup>-1</sup> olduğu belirlendi. Ayrıca VSM ölçümlerinden partikül boyutları a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] için sırasıyla 15.98 nm ve 21.41 nm olarak hesaplandı. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] SEM görüntüsünde a-MNP' nin polimer içerisinde hapsediği belirlenirken, EDX verilerinde görülen Fe atomu, yapıda MNP' nin olduğunu kanıtlar niteliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** ε-kaprolakton, siyanurik klorür, nanopartikül, manyetizasyon, SEM

## Linking Magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles to Poly (ε-caprolactone) via Cyanuric Chloride, Investigation of Thermal and Magnetic Properties

**ABSTRACT:** In this study, firstly poly (ε-caprolactone) (PCL) was synthesized by ring opening polymerization. Next, cyanuric chloride (CC) was bonded to PCL and modified by magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles capped with 3-aminopropyl trimethoxysilane. Synthesized polymers were characterized by FT-IR, <sup>1</sup>H-NMR ve <sup>13</sup>C-NMR. Thermal datas showed that thermal stability of a-MNP decreased after bonded to (PCL-g-CC). It was determined from the vibrating sample magnetometer (VSM) measurements that the saturation magnetization ( $M_s$ ) of a-MNP and PCL-g-CC-g-(a-MNP)] were 52.07 emug<sup>-1</sup> and 32.08 emug<sup>-1</sup>. Additionally, particle sizes of a-MNP and [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] was calculated 15.98 nm and 21.41 nm, respectively. While determining that a-MNP was trapped in the polymer in the SEM image of [PCL-g-CC-g-(a-MNP)], the Fe atom seen in the EDX data proves that there was MNP in the structure.

**Keywords:** ε-caprolactone, cyanuric chloride, nanoparticle, magnetization, SEM.

<sup>1</sup> Mustafa Ersin PEKDEMİR (Orcid ID: 0000-0002-4979-1777), Mehmet COŞKUN (Orcid ID: 0000-0002-2379-1795), Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Elazığ, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa Ersin PEKDEMİR, e-mail: ersinpkdmr58@gmail.com

Bu çalışma Mustafa Ersin PEKDEMİR' in Doktora tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

1,3,5 triazin türevlerinin biyokimya alanında değerli olmalarından dolayı tıp çalışmalarında (antiviral (Wang ve ark., 2003), antikanser (Kumar ve ark., 2010), antimikrobiyal (Ma ve ark., 2011) yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir. Triazol halkasındaki aromatik yer değiştirme derecesini kontrol etme triazin kimyasının en dikkat çekici özelliğidir. Siyanürik klorür' ün (CC) s-triazin halkası içeren farklı bileşiklerin sentezinde kullanıldığı bilinmektedir (Blotny, 2006). CC düşük maliyetli bir reaktiftir ve yapısında bulunan klor atomları uygun nükleofillerle yer değiştirilebildiği için mono-, di-, tri- süstitüe edilmiş türevler halkaya rahatlıkla girebilirler (Popiołek, Baran, 2015). Birincil amin, ikincil amin ve hidrazin türevleriyle CC' nin yapısında bulunan üç klor atomunun farklı sıcaklıklarda yer değiştirme tepkimesi verdiği literatür çalışmalarında sıkça ifade edilmiştir. Buna göre eğer yapıdaki tek klor atomunun yer değiştirmesi isteniyorsa 0 °C' de, iki klor atomunun yer

değiştirmesi 30-50 °C ve çok fazla istenilmemesine rağmen üç klor atomunun birden yer değiştirmesi isteniyorsa yaklaşık 90 °C civarında reaksiyonların sürdürülmesi gerekmektedir (Chang, Matuszko, 1962).

Manyetik nanoparçacıkların (MNP) biyomoleküllerle bağlanmasını sağlamak için organik bir bağlayıcı gerekmektedir (Xie ve ark., 2006). Son yıllarda özellikle enzimlerin nanotanecikler üzerine modifikasyon çalışmaları üzerine yoğun bir ilgi gösterilmektedir. Yüksek yüzey alanlarının olması, kolay sentezlenebilirliği, düşük maliyeti ve düşük toksisite özelliklerinden dolayı manyetik nanotanecikler çalışmalarda tercih edilmektedir (Pekdemir ve ark., 2012). Ancak MNP' lerin yüzey fonksiyonel gruplarının yetersiz olmasından ve kümelenme problemlerinden dolayı biyomoleküllere doğrudan bağlanması zordur. Bu nedenle biyomoleküllere uyumlu bileşiklerle kaplanması gerekmektedir. Şuana kadar yapılan çalışmalarda özellikle kitosan ve dextran gibi polimerler kullanılmış ve aktivitesi yüksek enzimlerin modifikasyonunda yüksek başarı sağlanmıştır. Enzimin doğrudan nanotaneciklere bağlamak için ise genelde CC gibi organik moleküller kullanılmıştır (Soozanipour ve ark., 2019). CC bileşiği, yüzeyleri modifiye edilen MNP' lerin –OH gruplarını aktive etmede kullanılmaktadır (Kalkan ve ark., 2012). CC maliyetinin düşük olması, kemoşecici özelliği ve biyoyumlu oluşu, biyomoleküllerin immobilizasyonunda kullanılmasın da etkili olmuştur (Soozanipour ve ark., 2015).

Bu çalışmada, biyoyumlu bir polimer olan ε-kaprolakton (ECL) polimeri halka açılma yöntemiyle sentezlenmiş ve CC bileşiğinin iki klor atomu üzerinden kovalent olarak bağlanması sağlanmıştır. CC' nin boşta kalan klor atomuna ise önceden 3-amino propil trimetoksisilan (APTS) ile modifiye edilmiş MNP bağlanmış ve bu sayede ECL polimerine manyetik özellik kazandırılmıştır. Sentezlenen polimerin karakterizasyonu FT-IR, <sup>1</sup>H-NMR ve <sup>13</sup>C-NMR ile sağlanmıştır. Ayrıca TGA ve DSC ile termal kararlılığına bakılmış ve SEM-EDX ile yüzey morfolojileri incelenmiştir. Son olarak elde edilen MNP bağlandıktan sonra elde edilen polimerin manyetik özelliği Titreşimli Numune Manyetometresi (VSM) ile belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### MNP' nin 3-aminopropil trimetoksisilan (APTS) ile Modifikasyonu

100 mL etil alkol içerisinde 0.50 gram MNP olacak şekilde çözelti hazırlandı ve homojenizatör de dispers edildi. Yaklaşık 500 mL mutlak alkol ilave edildi ve 30 dakika boyunca dispers edilmeye devam edildi. Homojen hale gelen çözeltiye 4.80 mL APTS tek bir seferde eklendi ve manyetik karıştırıcıda 7 saat boyunca oda koşullarında karıştırıldıktan sonra 2 gün boyunca geri soğutucu altında ısıtma yapıldı.

Reaksiyon sonrası güçlü bir mıknatıs yardımıyla APTS kaplı manyetik nanoparçacıklar (a-MNP) ayrıldı ve etanol ile 3 kez manyetik yıkama yapıldı ve 40 °C' de vakumlu etüvde kurumaya bırakıldı.

### Poli (ε-kaprolakton) Sentezi

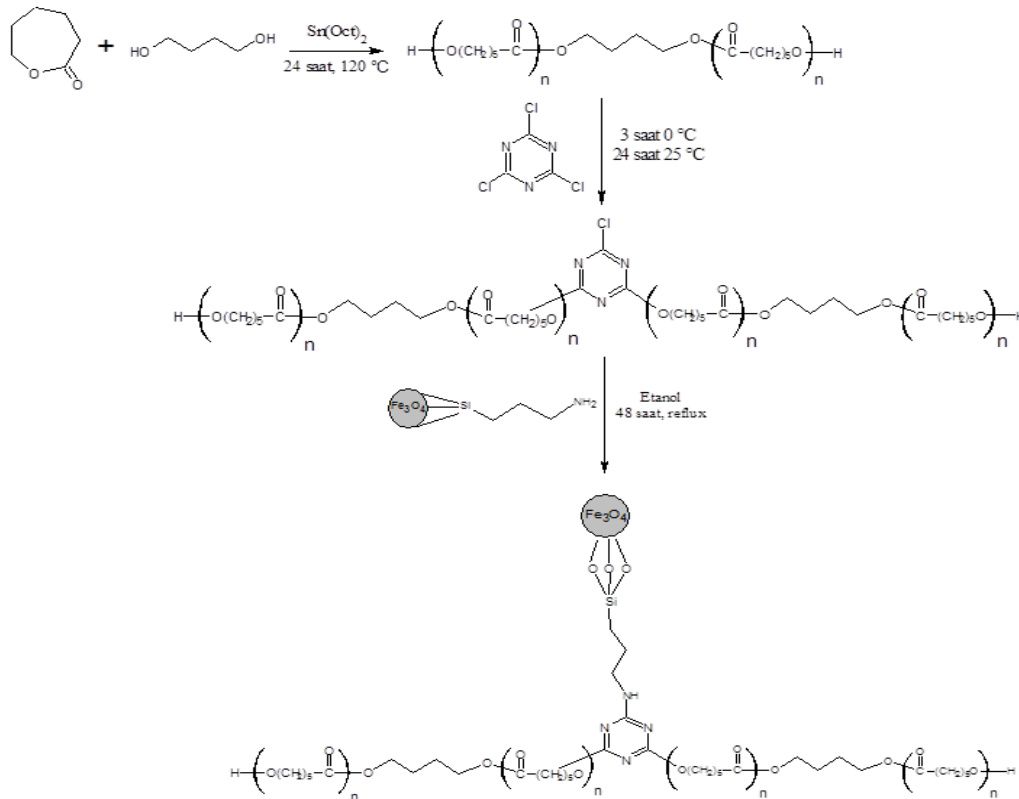
0.60 gram (6.6 mmol) 1,4 bütandiol ve 3.76 gram (33 mmol) ε-kaprolakton ve çözücü olarakta 30 mL toluen 100 mL'lik reaksiyon balonuna konularak manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Katalizör olarak 1-2 damla Sn(Oct)<sub>2</sub> ilave edilerek 30 dakika boyunca Ar gazı geçirildi ve balonun ağzı sıkıca kapatılarak yağ banyosunda 120 °C' de reaksiyon devam ettirildi. Elde edilen poli (ε-kaprolakton) (PCL) hekszanda çöktürüldü.

### PCL' nin Siyanurik klorür' e bağlanması

50 mL diklorometan içerisinde 2.94 gram (5.70 mmol) PCL ve 760 mL (5.70 mmol) trietilamin ilave edildi. Reaksiyon sıcaklığı 0 °C' ye getirildikten sonra 1.00 gram CC (5.40 mmol) eklenerek 24 saat boyunca reaksiyon devam ettirildi. Reaksiyon sonunda oluşan HCl/amin tuzu süzme ile ayrıldı ve ortamdaki çözücü evaporatörle uzaklaştırıldı. Elde edilen PCL-g-CC buzdolabında muhafaza edildi.

### APTS kaplı MNP' nin PCL-g-CC ile reaksiyonu

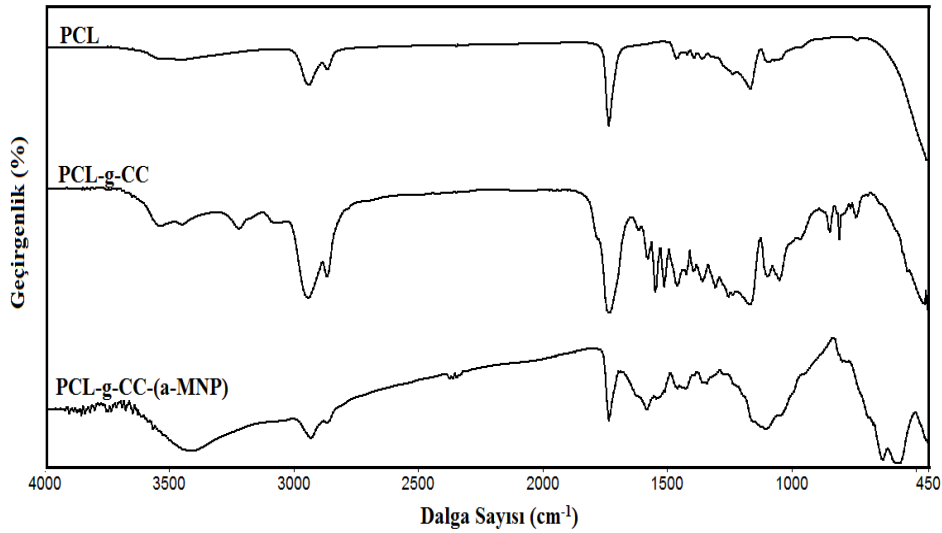
Öncelikle 0.10 gram a-MNP 100 mL etil alkol içerisinde iyice dispers edildi. Dispers edilen (a-MNP) çözeltisine 25 mL etil alkol içerisinde çözülmüş olan 1.30 gram PCL-g-CC çözeltisi ilave edildi. Bir süre manyetik karıştırıcıda oda koşullarında karıştırılan çözelti 2 gün boyunca reflux edildi ve MNP bağlanan polimer çözeltisi güçlü bir mıknatıs yardımıyla alındı ve etil alkol ile yıkama yapıldı. 40 °C' de vakumlu etüvde kurumaya bırakıldı. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin sentez aşamaları Şekil 1' de ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 1. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin sentez reaksiyonu

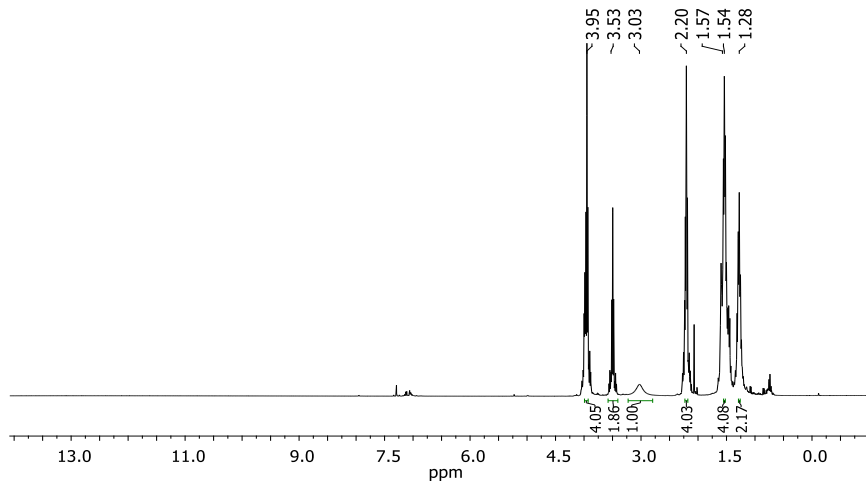
## BULGULAR VE TARTIŞMA

PCL, (PCL-g-CC) and [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerlerinin FT-IR spektrumları Şekil 2' de verilmiştir. PCL' ye ait spektrumda 3440 cm<sup>-1</sup>' de OH gerilmesi, 2940 ve 2865 cm<sup>-1</sup>' de alifatik CH gerilmeleri, 1734 cm<sup>-1</sup>' de ε-kaprolakton halkasındaki karbonil' e ait gerilme titreşimi(-C=O) ve 734 cm<sup>-1</sup>' de pik ise metilendeki CH eğilme (rock) titreşimine ait olan piklerdir. PCL-g-CC' ye ait spektrumda ise 1734 cm<sup>-1</sup>' deki -C=O pikinin 1731' e kaydığı görülmüştür. Ayrıca yapıya CC bağlandığı için triazin halkasına ait 1361 cm<sup>-1</sup>' de C-N gerilme titreşimi ve 1511 cm<sup>-1</sup>' de ise C=N gerilme titreşimleri görülmektedir. 848 cm<sup>-1</sup>' deki pik ise CC' de bulunan klor atomuna ait C-Cl gerilme titreşimidir. Yapıya APTS kaplı MNP bağlandıktan sonra meydana gelen [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerine ait FT-IR spektrumunda APTS' ye ait 3400-3290 cm<sup>-1</sup> aralığında NH gerilme titreşimi ve 950 cm<sup>-1</sup>' de NH eğilme titreşimleri görüldü. Yine aynı şekilde APTS molekülüne ait Si-O-Si asimetrik ve simetrik gerilme titreşimleri sırasıyla 1040 ve 1105 cm<sup>-1</sup>' deki sinyallere atfedilmiştir. Ayrıca manyetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanopartiküllerinin varlığını gösteren Fe-O gerilme titreşimlerinin ise 575-630 cm<sup>-1</sup>' deki sinyallerin olduğu görülmüştür.



Şekil 2. PCL, PCL-g-CC ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin FT-IR spektrumları

Poli (ε-Kaprolakton)' un <sup>1</sup>H-NMR spektrumu Şekil 3' de, değerlendirmesi ise Tablo 1' de verilmiştir.

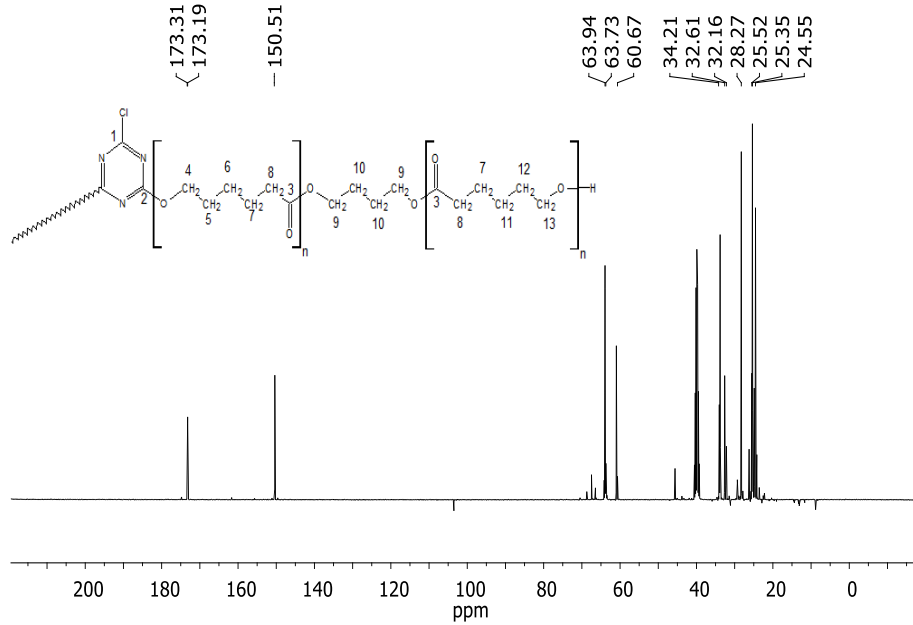


Şekil 3. PCL' nin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu

Çizelge 1. PCL' nin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu değerlendirmesi

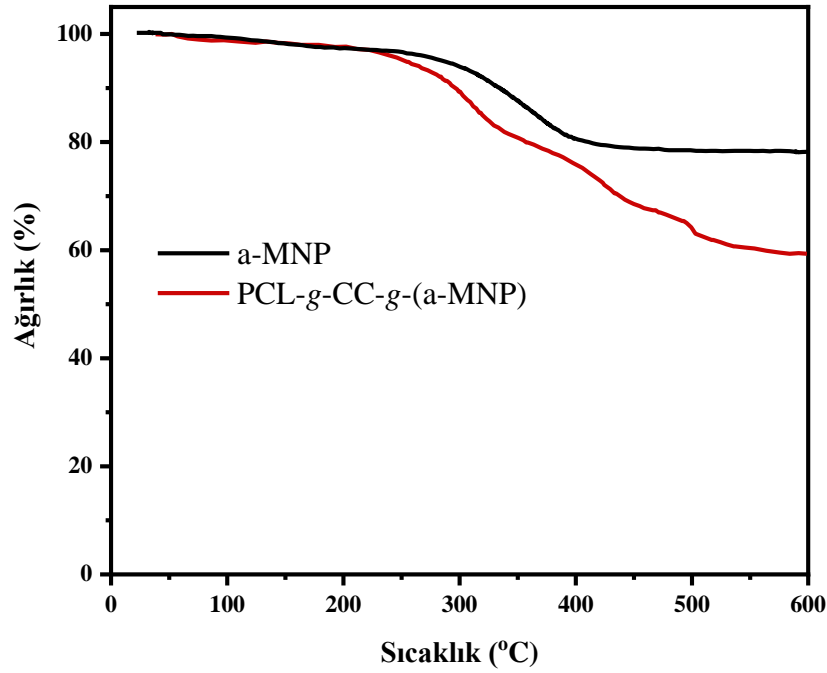
| Kimyasal Kayma (ppm) | Sinyal Türü   |
|----------------------|---|
| 7,3                  | Çözücü piki   |
| 3.95                 | ---OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -O-(OC)-(CH) <sub>5</sub> -OH                               |
| 3.53                 | ---O(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -O-(OC)-(CH) <sub>4</sub> -CH <sub>2</sub> -OH  |
| 3.03                 | ---O(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -O-(OC)-(CH) <sub>5</sub> -OH   |
| 2.20                 | ---O(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -O-(OC)-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH |
| 1,57                 | ---OCH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -O-(OC)-(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -                |
| 1.28                 | ---O(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -O-(OC)-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -                                 |

PCL polimeri CC ile reaksiyona girdikten sonra elde edilen (PCL-g-CC) polimerine ait <sup>13</sup>C-NMR spektrumu Şekil 4' de verilirken, spektrumun değerlendirilmesi ise Tablo 2' de gösterilmiştir.

Şekil 4. (PCL-g-CC)' nin <sup>13</sup>C-NMR spektrumuÇizelge 2. (PCL-g-CC)' nin <sup>13</sup>C-NMR spektrumu değerlendirilmesi

| Kimyasal Kayma (ppm) | Sinyal Türü   |
|----------------------|---|
| 173.3                | karbonil karbonu (3 nolu C)   |
| 173.2                | CC' deki Cl' a bağlı karbon (1 nolu C)  |
| 150.5                | CC' de O atomuna bağlı karbon (2 nolu C)  |
| 63.94                | bütandiol hakasının O atomuna bağlı olan CH <sub>2</sub> karbonuna ait (9 nolu C) |
| 63.73                | O atomuna bağlı 4 nolu C' a ait   |
| 60.67                | Uç grupta OH' a bağlı CH <sub>2</sub> (13 nolu C)                                 |
| 34.21                | Karbonile bağlı CH <sub>2</sub> (8 nolu C)  |
| 32.61                | Uç grupta bulunan 12 nolu C' a ait  |
| 32.16                | 5 nolu CH <sub>2</sub> ' ye ait   |
| 28.27                | Bütandiolde arada kalan CH <sub>2</sub> ' lere ait (10 nolu C)                    |
| 25.52                | 6 nolu CH <sub>2</sub> ' ye ait   |
| 25.35                | 11 nolu C' a ait  |
| 24.55                | 7 nolu C' a ait   |

Şekil 5' te a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' ye ait TGA eğrileri verilmiştir. Saf MNP' ye ait TGA eğrisinde %3' lük bir ağırlık kaybı vardır (Pekdemir, 2019). Silan grubu içeren APTS ile fonksiyonelleştirilmiş MNP' nin 100 ile 600 °C arasında %17' lik ağırlık kaybının nedeni, hem su kaybı hemde organik grup ayrışması ile ilgilidir (Seckin ve ark., 2010). TGA eğrisi, yapıya APTS bağlandığını net olarak göstermektedir. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' ye ait TGA eğrisine bakıldığında, %41' lik ağırlık kaybı olduğu görülmüştür. %17' lik ağırlık kaybının a-MNP' ye ait olduğu düşünüldüğünde geriye kalan yaklaşık %25'lik ağırlık kaybının, yapıya bağlanan PCL ve CC' den kaynaklanmaktadır. Başlangıç bozunma sıcaklığı ( $T_i$ ), a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] için sırasıyla 299 °C ve 226 °C olduğu görüldü.



Şekil 5. a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin TGA eğrileri

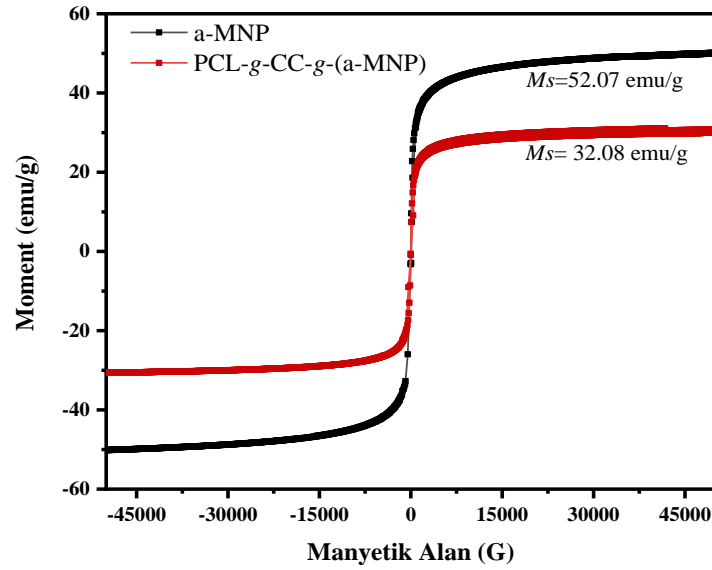
Tablo 3' de ise PCL, (PCL-g-CC) ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerlerinin DSC eğrilerinden elde edilen camsı geçiş sıcaklığı ( $T_g$ ) değerleri verilmiştir. Saf PCL' nin  $T_g$  değeri 23.1 °C iken yapıya önce CC, ardından a-MNP bağlandıkça  $T_g$  değerleri sırasıyla 25.2 °C ve 42 °C olarak bulunmuştur. PCL zincirleri arası alandaki mesafe CC ve a-MNP bağlandıkça azalmakta yani serbest hacimde bir azalma meydana gelmektedir. Bu durum  $T_g$  değerlerinin artmasına sebep olmaktadır.

**Çizelge 3.** PCL' nin MNP bağlanana kadar elde edilen polimerlerinin  $T_g$  değerleri

| Polimer            | $T_g$ (°C) |
|--------------------|------------|
| PCL                | 23.1       |
| PCL-g-CC           | 25.2       |
| PCL-g-CC-g-(a-MNP) | 42         |

En son elde edilen polimer manyetik özellik gösterdiği için VSM ile elde edilen manyetizasyon eğrileri Şekil 6' da gösterilmiştir. a-MNP ile [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin manyetizasyon eğrileri karşılaştırılmıştır. Yapıya PCL ve CC bağlandıktan sonra doygunluk manyetizasyon değerinin ( $M_s=32.08 \text{ emug}^{-1}$ ) düştüğü şekilde görülmektedir.





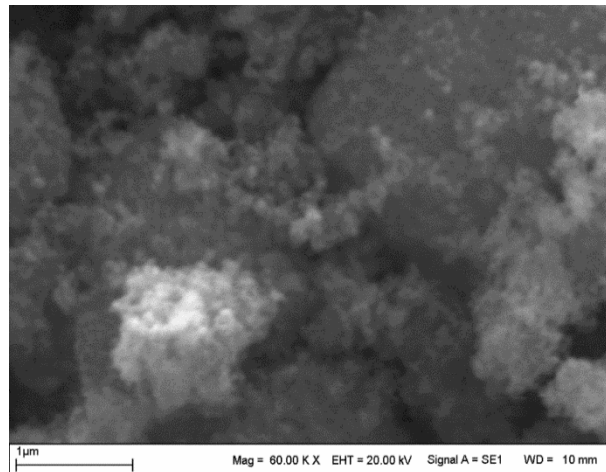
Şekil 6. a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin Manyetizasyon eğrileri

VSM ölçümlerinden (Şekil 6) süperparamanyetik malzemelerin  $\sigma = 0$  noktasındaki eğiminden yola çıkarak manyetik partiküllerin boyutlarının hesaplanabildiği bilinmektedir (Kommareddi ve ark., 1996) (Yaacob ve ark., 1995). Aşağıdaki eşitlikteki  $d\sigma/dH$  değeri manyetik süsseptibilite değerini vermektedir (Burke ve ark., 2002).

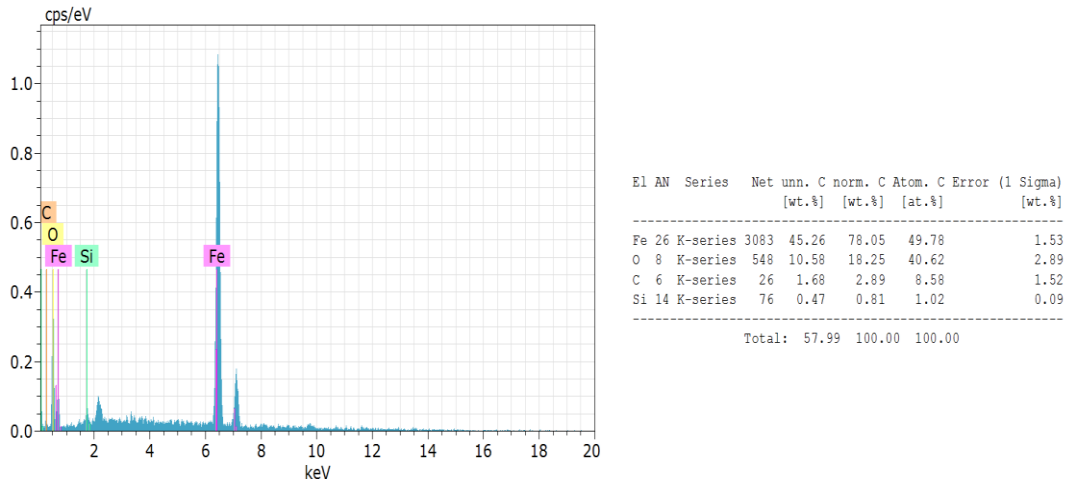
$$d_{mag} = \left( \frac{18kT \left( \frac{d\sigma}{dH} \right)_0}{\pi \rho M_s^2} \right)^{1/3} \quad (1)$$

Eşitlik 1.' de;  $T$  kelvin sıcaklığı,  $k$  Boltzman sabiti,  $\rho$  APTS kaplı MNP' nin yoğunluğu  $d\sigma/dH$  değeri  $\sigma=0$  noktasındaki manyetizasyon eğrisinin eğimi ve  $M_s$  ise doyumluk manyetizasyon değeridir. Bu eşitlik kullanılarak a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin partikül boyutları sırasıyla 15.98 ve 21.41 nm olarak hesaplandı.

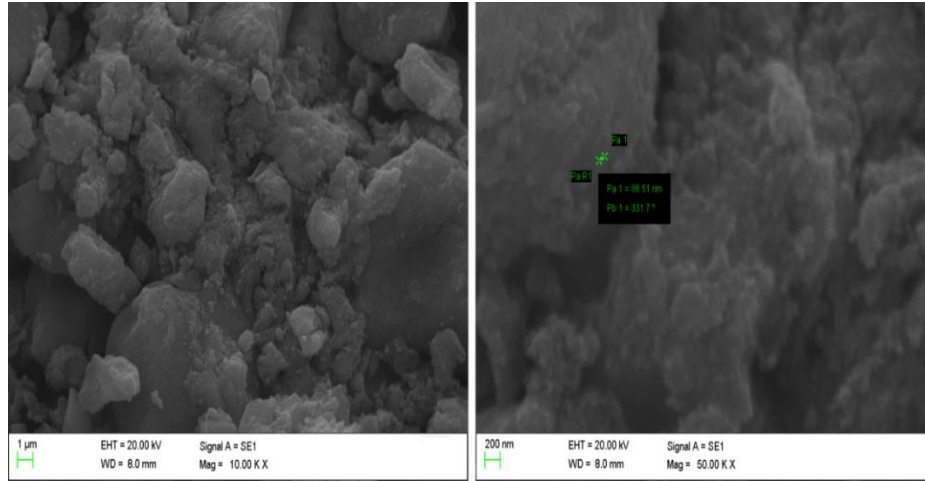
a-MNP' nin SEM görüntüsü Şekil 7' de, EDX verileri ise Şekil 8' de gösterilmektedir. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin SEM görüntüsüne bakıldığında (Şekil 9) MNP' lerin polimer içerisinde hapsoldüğünü söyleyebiliriz. Şekil 10' daki EDX analizinde polimere a-MNP bağlandıktan sonra yapıda olması gereken Si ve Fe atomları görülmektedir.



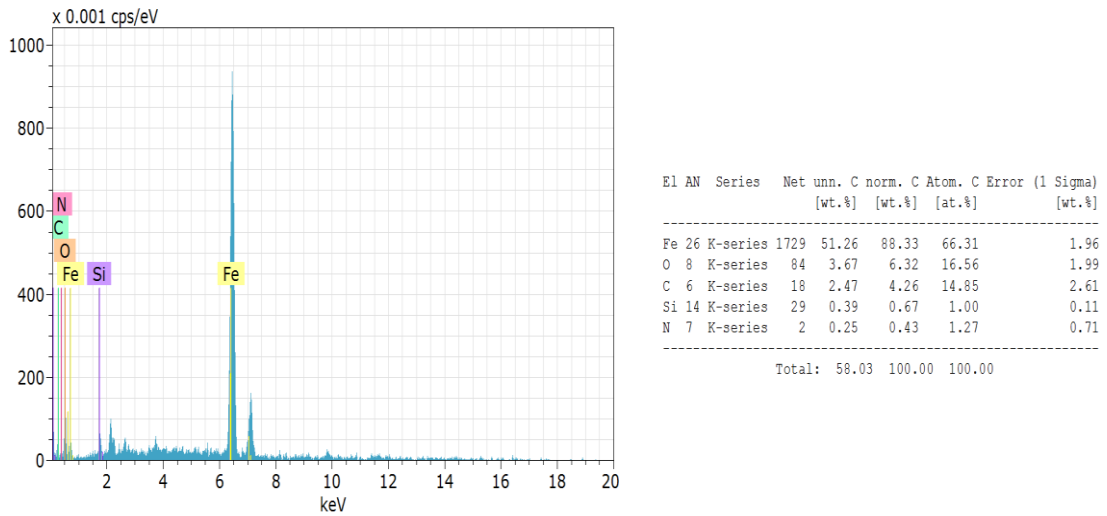
Şekil 7. a-MNP' nin SEM görüntüsü



Şekil 8. a-MNP' nin EDX analizi



Şekil 9. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin SEM görüntüsü



Şekil 10. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin EDX analizi



## SONUÇ

Çalışmada sentezlenen polimerler öncelikle FT-IR spektroskopisi ile karakterize edilmeye çalışıldı. PCL' nin karakteristik pikleri 1734 cm<sup>-1</sup>' de ki C=O gerilme titreşimi ve 734 cm<sup>-1</sup>' deki metilene ait CH eğilme titreşimleridir. Yapıya CC bağlandıktan sonra 1361 cm<sup>-1</sup>' de C-N gerilme titreşimi ve 1511 cm<sup>-1</sup>' de ise C=N gerilme titreşimleri ortaya çıkmıştır. Son olarak 575-630 cm<sup>-1</sup>' deki Fe-O bağına ait olan sinyal APTS kaplı MNP bağlandığını kanıtlar niteliktedir. Karakterizasyonu daha iyi yapmak için öncelikle sentezlenen PCL' nin <sup>1</sup>H-NMR spektroskopisine bakılarak yapı iyice doğrulanmış oldu. CC yapısında H bulunmadığı için (PCL-g-CC) polimerini karakterize etmek için <sup>1</sup>H-NMR yeterli olmayacağından <sup>13</sup>C-NMR ile de desteklendi. <sup>13</sup>C-NMR' de; 173.2 ' deki sinyal (CC' deki Cl atomuna bağlı karbon) ve 150.5 ' deki sinyal (CC' deki O atomuna bağlı karbon) CC' nin bağlandığını net olarak göstermiştir. Ayrıca polimerlerin termal analizleri de yapıldı ve TGA eğrileri Şekil 5' de verildi. TGA eğrilerine bakıldığında a-MNP' nin *T<sub>i</sub>* değerinin 299 °C iken, yapıya (PCL-g-CC) bağlandığında *T<sub>i</sub>* değerinin 226 °C' ye düştüğü görüldü. Bu durum (PCL-g-CC) polimerinin a-MNP' nin termal kararlılığını düşürdüğü anlamına gelebilir. Ayrıca PCL polimerine diğer bileşikler bağlandıkça polimerin hareketinin azaldığı ve serbest hacmin de arttığından dolayı *T<sub>g</sub>* değerlerinin arttığı görülmektedir.

Şekil 6' da verilen manyetizasyon eğrisinden a-MNP' nin *M<sub>s</sub>* değeri 52.07 emug<sup>-1</sup> iken, [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin *M<sub>s</sub>* değeri 32.08 emug<sup>-1</sup> olarak bulundu. Eşitlik 1' den a-MNP' nin tanecik boyutu 15.98 nm, [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin tanecik boyutu ise 21.41 nm olarak hesaplandı. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin Şekil 9' daki SEM görüntüsüne bakıldığında, APTS bağlı MNP' lerin sentezlenen polimerlerin içerisinde hapsediği bu nedenle tam anlamıyla görülemediği belirlendi. Ancak EDX analizinde görülen Fe atomu yapıya a-MNP' nin bağlandığını doğrulamıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "FF.15.11" kodlu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Blotny G, 2006. Recent applications of 2, 4, 6-trichloro-1, 3, 5-triazine and its derivatives in organic synthesis. Tetrahedron, 62 (41): 9507-9522.
- Burke NA, Stöver HD, Dawson FP, 2002. Magnetic nanocomposites: preparation and characterization of polymer-coated iron nanoparticles. Chemistry of Materials, 14 (11): 4752-4761.
- Chang M, Matuszko A. (1962). Synthesis and Properties of Some Cyanuric Chloride Derivatives: Bureau Of Naval Weapons Washington DC.
- Kalkan NA, Aksoy S, Aksoy EA, Hasirci N, 2012. Preparation of chitosan-coated magnetite nanoparticles and application for immobilization of laccase. Journal of Applied Polymer Science, 123 (2): 707-716.
- Kommareddi NS, Tata M, John VT, McPherson GL, Herman MF, Lee Y-S ve Kaplan DL, 1996. Synthesis of superparamagnetic polymer– ferrite composites using surfactant microstructures. Chemistry of Materials, 8 (3): 801-809.
- Kumar R, Gupta L, Pal P, Khan S, Singh N, Katiyar SB ve Kanaujiya JK, 2010. Synthesis and cytotoxicity evaluation of (tetrahydro-β-carbolone)-1, 3, 5-triazine hybrids as anticancer agents. European journal of medicinal chemistry, 45 (6): 2265-2276.
- Ma X, Tan S-T, Khoo C-L, Sim H-M, Chan L-W, Chui W-K, 2011. Synthesis and antimicrobial activity of N1-benzyl or N1-benzyloxy-1, 6-dihydro-1, 3, 5-triazine-2, 4-diamines. Bioorganic & medicinal chemistry letters, 21 (18): 5428-5431.

- Pekdemir ME. (2019). Manyetik nanotaneçikler üzerinde modifikasyon çalışmaları (Doktora Tezi), Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pekdemir ME, Ertürkan D, Külah H, Boyacı İH, Özgen C, Tamer U, 2012. Ultrasensitive and selective homogeneous sandwich immunoassay detection by Surface Enhanced Raman Scattering (SERS). *Analyst*, 137 (20): 4834-4840.
- Popiołek Ł, Baran I, 2015. Synthesis of New Cyanuric Chloride Derivatives. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry* 1-6.
- Seckin T, Vural S, Köytepe S, 2010. Preparation and structural properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-polyimide hybrid nanocomposites. *Polymer bulletin*, 64 (2): 115.
- Soozanipour A, Taheri-Kafrani A, Barkhori M, Nasrollahzadeh M, 2019. Preparation of a stable and robust nanobiocatalyst by efficiently immobilizing of pectinase onto cyanuric chloride-functionalized chitosan grafted magnetic nanoparticles. *Journal of colloid and interface science*, 536 261-270.
- Soozanipour A, Taheri-Kafrani A, Isfahani AL, 2015. Covalent attachment of xylanase on functionalized magnetic nanoparticles and determination of its activity and stability. *Chemical Engineering Journal*, 270 235-243.
- Wang Q, Liu G, Shao R, Huang R, 2003. Synthesis and antiviral activity of 1, 3, 5-triazine derivatives. *Heteroatom Chemistry: An International Journal of Main Group Elements*, 14 (6): 542-545.
- Xie J, Xu C, Xu Z, Hou Y, Young KL, Wang S ve Sun S, 2006. Linking hydrophilic macromolecules to monodisperse magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) nanoparticles via trichloro-s-triazine. *Chemistry of Materials*, 18 (23): 5401-5403.
- Yaacob II, Nunes AC, Bose A, 1995. Magnetic nanoparticles produced in spontaneous cationic-anionic vesicles: room temperature synthesis and characterization. *Journal of colloid and interface science*, 171 (1): 73-84.