

**SÜBSTİTÜE POLİANİLİNLERİN VE ANİLİN İLE
KOPOLİMERLERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU**
**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SUBSTITUTED
POLYANILINES AND COPOLYMERS WITH ANILINE**

Sabriye PERÇİN ÖZKORUCUKLU^{1*} ve Mustafa CENGİZ¹

*¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü,
32260, Isparta*

Geliş Tarihi: 2 Mart 2012 **Kabul Tarihi:** 21 Haziran 2012

ÖZET

Bu çalışmada poli (2-floranilin), poli (2-kloranilin) ve poli (2-iyotanilin), tetrabutylamonyum persülfat yükseltgen maddesi kullanılarak asidik ortamda kimyasal yöntemle sentezlenmiştir. Ayrıca anilinin, 2-haloanilinler ile aynı ortamda kopolimerizasyonu gerçekleştirilmiştir. Polimerlerin hazırlanmasında yükseltgen olarak kullanılacak tetrabutylamonyum persülfat (TBAP), tetrabutylamonyum hidroksit ve potasyum peroksidisülfatın reaksiyonu sonucunda elde edilmiştir. Polimer ve kopolimerlerin karakterizasyonu elemental analiz, FTIR ve UV-Vis spektroskopisi yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Kopolimerlerin elektriksel iletkenliğinin poli(2-halojenanilin)lerden daha yüksek, polianilinden ise daha düşük olduğu gözlenmiştir. Kopolimerlerin iletkenliğinin polianilinden daha düşük olması, polianilin zincirine halojen atomlarının katılmasının bir sonucudur. Sentezlenen polimer ve kopolimerlerin çeşitli organik çözücülerdeki çözünürlükleri tayin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İletken polimerler, kopolimerizasyon, polianilin ve türevleri, halojenli anilinler.

ABSTRACT

Poly(2-fluoroaniline), poly(2-chloroaniline) and poly(2-iodoaniline) were synthesized by chemical method using tetrabutylammonium peroxydisulfate as oxidizing agent in acidic media. In addition, the copolymerization of aniline with 2-halogenanilines was carried out in the same medium. The tetrabutylammonium persulfate using as oxidant was

* Sorumlu yazar: sabriyeozkorucuklu@sdu.edu.tr

prepared by interaction of tetrabutylammonium hydroxide and potassium persulfate at 25 °C for 24 h. The characterization of the polymers and copolymers were carried out by elemental analysis, FTIR and UV-Vis spectroscopy methods. The copolymers exhibit a higher dry electrical conductivity value than poly(2-halogenanilines) and lower than polyaniline. The observed decrease in the dry electrical conductivity of the copolymer with relative to polyaniline was attributed to the incorporation of the halogen atoms into polyaniline chain. Relative solubility of the polymers and copolymers were determined in various organic solvents.

Keywords: Conducting polymers, copolymerization, polyaniline and derivatives, halogenated anilines.

1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojiadaki hızlı gelişmeler, fiziksel ve kimyasal özellikleri farklı, üretimi kolay ve geniş kullanım alanı olan yeni malzemelerin üretilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu nedenle polimerler son yıllarda en çok çalışılan konulardan biri olmuştur. Polimerler; kolay şekillenebilen, ucuz, hafif, mekanik özellikleri çoğu zaman yeterli, korozyona uğramayan ve inert maddelerdir. Bu özelliklerden dolayı polimerlerin sadece kimya alanında değil; tekstil, endüstri, makine, tıp, biyokimya, biyofizik ve fizik mühendisliği gibi alanlarda da önemi büyüktür. Polimerler genellikle yalıtkan malzemelerdir veya çok düşük elektriksel iletkenliğe sahiptirler. İletken polimerler ise yapılarında uzun konjuge çift bağlı zincirler bulunması nedeniyle iletkenlik özelliğine sahiptirler [Chandrasekhar, 1999; Wallace *et al.*, 2003]. Bu polimerlerin şarj edilebilir piller, iyon değiştirici materyaller, gaz ayırma membranları, kompozit membranlar, sensörler, korozyona karşı koruma, diyot üretimi vb. gibi çok geniş kullanımı bulunmaktadır [Perçin-Özkorucuklu *et al.*, 2008; Sardohan-Koseoglu *et al.*, 2010]. İletken polimerlerin kullanıldığı alanlar arasında hafif pil bileşenleri, entegre devreler, yarı iletken çipler, antistatik kaplama, transistör, düz televizyon ekranı, güneş ışığı paneli ve paketleme malzemelerinin yapımı da göze çarpmaktadır [Burroughes *et al.*, 1990; Singh and Narula, 1997; Saxenai and Malhotra, 2003; Guimard *et al.*, 2007].

Günümüzde polipirol, polifuran, polianilin, politiyofen, poli(parafenilen) gibi çok sayıda iletken polimer olduğu

bilinmektedir. İletken polimer hazırlanması çalışmalarında araştırmacılar, polimerik malzemelere veya bazı sentetik organik maddelere, inorganik metal ya da yarı iletkenlerin özelliklerini kazandırmaya çalışmaktadırlar. Bunun yanında metaller ve yarı iletkenlerde doğal olarak var olmayan bazı malzeme özellikleri, iletken polimerlerle kazanılmaya çalışılmaktadır [Jagur-Grodzinski, 2002].

Çevresel kararlılık ve cazip ekonomilerinden dolayı teknolojik olarak güncel bir değere sahip olan polianilin ve türevleri, iletken polimerlerin en önemli üyelerindedir. Organik çözücülerdeki çözünürlüğünün az olması polianilin en büyük dezavantajıdır. Polianilin yaygın olarak kullanılan organik çözücülerde (alkol, asetonitril, aseton vb.) çözünmez. Polianilin çeşitli çözücülerdeki çözünürlüğünü artırarak işlevselliğini iyileştirmek için polianilin zincirine alkil, halojen ve sülfonik asit grupları gibi bazı süstitüentler bağlanarak süstitüe polianilinler elde edilmektedir [Diaz *et al.*, 1998; Şahin *et al.*, 2002; Şahin *et al.*, 2003a; Gök *et al.*, 2004]. Polianilin işlevselliğinin artırılması için uygulanan en kolay ve etkili metotlardan birisi de kopolimerizasyondur. Süstitüe anilinler ile anilin kopolimerizasyonuna ilişkin çeşitli çalışmalar mevcuttur. Monomerlerin konsantrasyonlarının oranları ayarlanarak polimer özelliklerinde istenilen sistematik değişmeler gerçekleştirilir [Diaz *et al.*, 2001; Sharma *et al.*, 2001; Şahin *et al.*, 2003b; Waware and Umare, 2005]. Süstitüe anilinlerin kimyasal polimerizasyonu ve anilin ile kopolimerizasyonları $K_2Cr_2O_7$, $(NH_4)_2S_2O_8$ ve $FeCl_3$ gibi çeşitli yükseltgenler varlığında gerçekleştirilmiştir [Kwon *et al.*, 1997; Sayed and Salem, 2000; Koval'chuk *et al.*, 2001].

Bu çalışmada, 2-floroanilin, 2-kloroanilin ve 2-iodoanilin polimerizasyonu ve bu süstitüe anilinlerin anilin ile kopolimerizasyonları, tetrabutylamonyum persülfat yükseltgeni varlığında asidik ortamda gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen polimer ve kopolimerlerin karakterizasyonları elementel analiz, FTIR ve UV-vis spektroskopi yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Polimer ve kopolimerlerin kuru elektriksel iletkenlik değerleri dört nokta tekniği ile ölçülmüştür.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Monomerler (Aldrich) kullanılmadan önce destillenmiş ve azot atmosferinde saklanmıştır. Diğer tüm kimyasallar satın alındığı şekilde kullanılmıştır. Polimer ve kopolimerlerin elemental analizi Leco-932 (CHNS) marka cihaz ile yapılmıştır. IR spektrumları, KBr diskleri halinde Perkin Elmer spektrofotometresinden alınmıştır. Dimetilsülfoksit içerisinde çözünen polimer ve kopolimerler için UV-Vis spektrumları Perkin Elmer Lamda 20 spektrofotometresinden alınmıştır. Kuru elektriksel iletkenlik değerleri dört nokta tekniği ile oda sıcaklığında ölçülmüştür.

2.2. Metot

2.2.1. Tetrabutilamonyum Persülfatın Sentezi

Tetrabutilamonyum hidroksit (%20) üzerine damla damla derişik H_2SO_4 (0,86 mL) ilave edilmiştir. Bu çözeltiye potasyum persülfat eklenmiş ve reaksiyon, manyetik karıştırıcıda çift cidarlı hücre içerisinde 25 °C sabit sıcaklıkta 24 saatte tamamlanmıştır. Oluşan beyaz renkli kristaller süzölmüş, 3 kez metilen klorürle ekstrakte edildikten sonra 25 °C'de çözücüsü giderilerek açık havada kurutulmuştur.

2.2.2. Polianilin ve Süstitüe Polianilinlerin Sentezi

0,1 M monomer 1,0 M hidroklorik asitte çözüölüp, 0-2 °C'ye soğutulmuştur. Daha sonra bu çözeltiye 0,55 M (10 mL) TBAP çözeltisi damla damla ilave edilmiştir. Bu karışım 24 saat bekletildikten sonra oluşan çökelek süzölerek ayrılmıştır. Çökelek, süzöntü renksiz olana kadar 1,0 M HCl çözeltisi ile yıkanmış ve 70 °C'de 5 saat süreyle vakum etövünde kurutulmuştur.

2.2.3. Poli(anilin-ko-2-süstitüeanilin) Kopolimerinin Sentezi

0,1 M (0,317 mL) anilin ve 0,1 M (0,146 mL) 2-floranilin 1,0 M hidroklorik asit (15 mL) çözeltisine ilave edilip, 0-2 °C'ye soğutulmuştur. Bu çözeltiye 0,55 M (10 mL) TBAP çözeltisi damla damla ilave edilmiştir. Bu karışım, 24 saat bekletildikten sonra oluşan çökelek süzölerek ayrılmıştır. Çökelek, süzöntü renksiz olana kadar

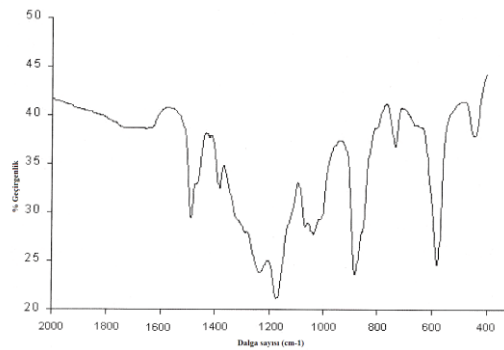
1,0 M HCl çözeltisi ile yıkanmış ve 70 °C'de yaklaşık 5 saat süreyle vakum etüvünde kurutulmuştur.

Poli(anilin-ko-2-kloranilin) ve poli(anilin-ko-2-iyodoanilin) kopolimerleri de aynı yöntemle sentezlenmiştir.

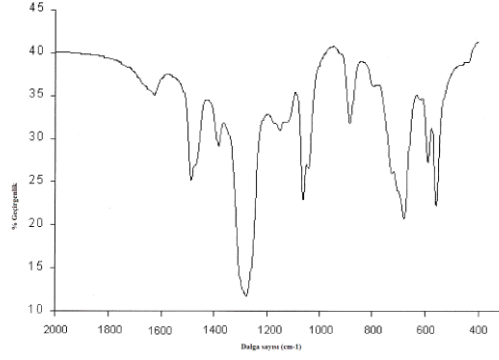
3. BULGULAR

Bu çalışmada yükseltgen olarak tetrabutilamonyum persülfat kullanılarak polianilin (PANI), poli(2-floranilin) (PFANI), poli(2-kloranilin) (PCIANI), poli(2-iyotanilin) (PIANI), poli(anilin-ko-floranilin) (P(An-ko-2-FAn), poli(anilin-ko-2-kloranilin) (P(An-ko-2-ClAn) ve poli(anilin-ko-2-iyotanilin) (P(An-ko-2-IAn) sentezi amaçlanmıştır.

Tetrabutilamonyum persülfat hazırlanmasında ilk aşama nötralizasyondur. Takiben bu aşamada oluşan tetrabutilamonyum hidrojen sülfattan yararlanılarak tetrabutilamonyum persülfat elde edilmektedir. Ancak tetrabutilamonyum hidrojen sülfatın tamamı, tetrabutilamonyum persülfata dönüşmez. Bu sebeple reaksiyon veriminin düştüğü bildirilmektedir [Jung *et al.*, 1993]. Bu nedenle, TBAP'nin karakterizasyonu amacıyla tetrabutilamonyum hidrojen sülfat ile tetrabutilamonyum persülfat bileşiklerinin IR spektrumları ve erime noktaları karşılaştırılmıştır. Tetrabutilamonyum hidrojen sülfatın ve tetrabutilamonyum persülfatın erime noktaları sırasıyla 72 °C ve 120 °C olarak bulunmuştur. Bileşiklerin IR spektrumları Şekil 1 ve 2'de verilmiştir.

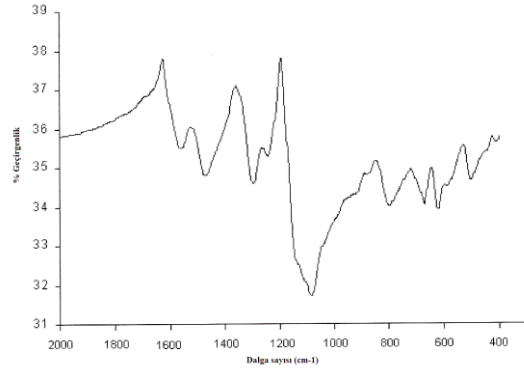


Şekil 1. Tetrabutilamonyum hidrojen sülfatın IR spektrumu

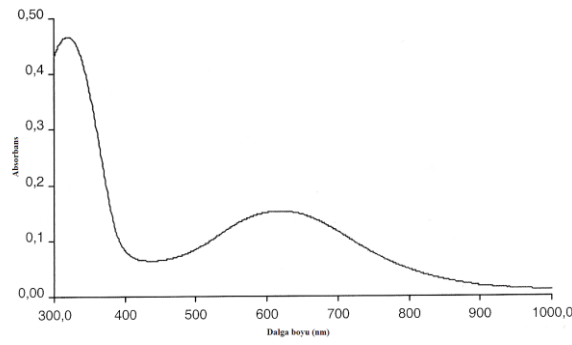


Şekil 2. Tetrabutylamonyum persülfatın IR spektrumu

Polianilin'in IR ve UV-vis spektrumları Şekil 3 ve 4 'de verilmiştir.

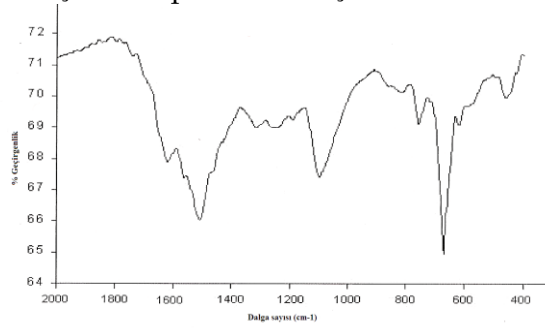


Şekil 3. Polianilin'in IR spektrumu

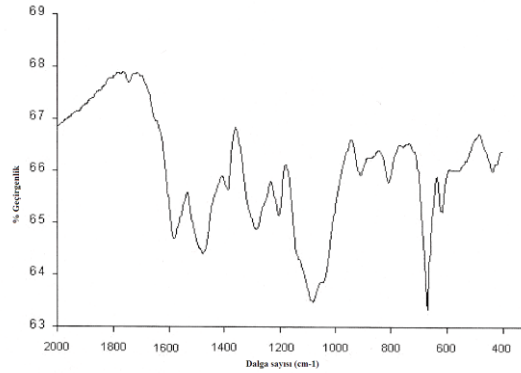


Şekil 4. Polianilin'in UV spektrumu

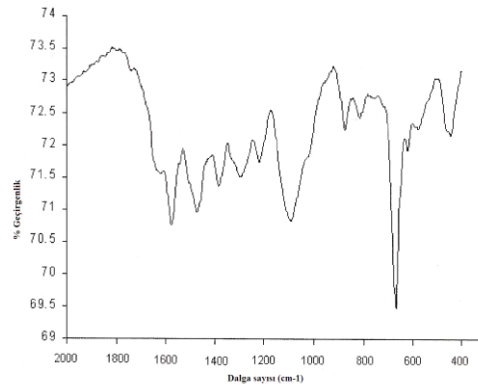
Sentezlenen poli(2-floranilin), poli(2-kloranilin) ve poli(2-iyotanilin) homopolimerlerine ve poli(anilin-ko-2-floranilin), poli(anilin-ko-2-kloranilin) ve poli(anilin-ko-2-iyotanilin) kopolimerlerine ilişkin IR spektrumları Şekil 5-10' da verilmiştir.



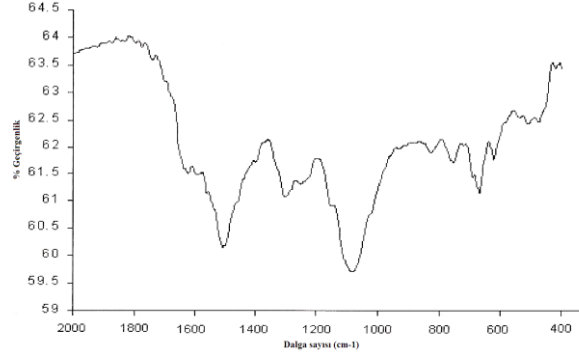
Şekil 5. Poli(2-floranilin) IR spektrumu



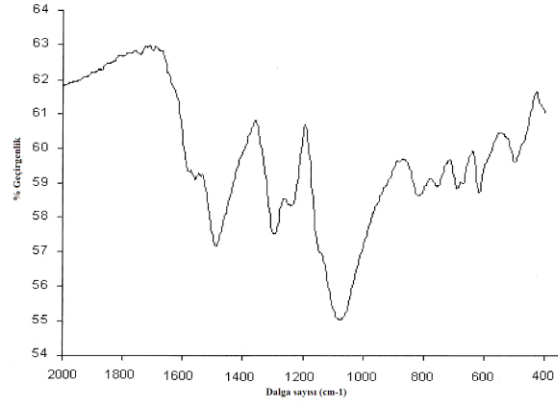
Şekil 6. Poli(2-kloranilin) IR spektrumu



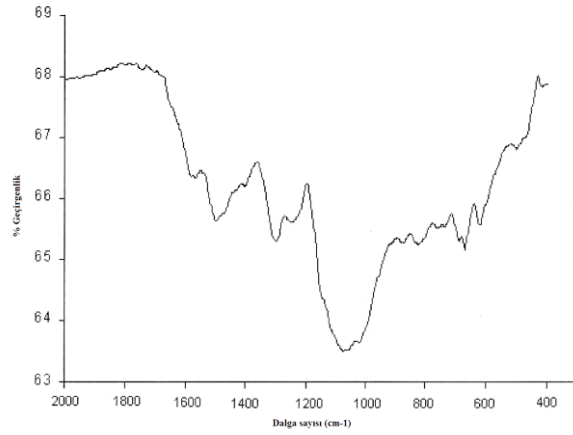
Şekil 7. Poli(2-iyotanilin) IR spektrumu



Şekil 8. Poli(anilin-ko-2-floranilin) IR spektrumu



Şekil 9. Poli(anilin-ko-2-kloranilin) IR spektrumu



Şekil 10. Poli(anilin-ko-2-iyotanilin) IR spektrumu

Tetrabutylamonyum persülfat, polimer ve kopolimerlerin elemental analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Elemental analiz sonuçları

	%C	%H	%N	%S
TBAP	35,71	7,30	2,07	13,37
PANI	42,91	5,83	8,59	10,16
PFANI	56,72	7,87	5,21	7,37
PCIANI	58,80	8,46	5,43	7,75
PIANI	59,20	5,73	9,10	6,98
P(An-ko-2-FAn)	49,60	4,00	8,08	0,41
P(An-ko-2-ClAn)	49,97	4,47	7,94	0,91
P(An-ko-2-IAn)	46,96	4,21	7,87	0,54

Polimer ve kopolimerlerin dört nokta tekniği ile ölçülen kuru elektriksel iletkenlik değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kuru iletkenlik değerleri

Polimer	İletkenlik (S/cm)
PANI	1,05
PFANI	$1,8 \times 10^{-3}$
PCIANI	$8,7 \times 10^{-3}$
PIANI	$6,9 \times 10^{-3}$
P(An-ko-2-FAn)	$1,9 \times 10^{-2}$
P(An-ko-2-ClAn)	$8,3 \times 10^{-2}$
P(An-ko-2-IAn)	$7,1 \times 10^{-2}$

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Polianilin, hava ve nem varlığında oldukça kararlı olması ve elektriksel özelliğinden dolayı endüstride yaygın kullanım alanı bulan ve oldukça çok çalışılan iletken bir polimerdir. Polianilin uygulamalardaki en büyük dezavantajı, yaygın olarak kullanılan organik çözücülerde çözünmemesidir. Halojenli süstitüe polianilinler organik çözücülerde çözünürler. Buna ek olarak halojenlerin varlığı polimerizasyonu olumsuz yönde etkilemez.

Çalışmamızda öncelikle polimerizasyonda yükseltgen olarak kullanılacak tetrabutylamonyum persülfat sentezlenmiştir.

Literatürde tetrabutilamonyum persülfat sentezinde, birinci aşamada oluşan tetrabutilamonyum hidrojen sülfatın yapıda kaldığı bildirilmektedir [Kim *et al.*, 1999]. Tetrabutilamonyum hidrojen sülfat ve tetrabutilamonyum persülfat bileşiklerinin erime noktaları ve IR spektrumları karşılaştırılarak farklılaştırılmıştır. Tetrabutilamonyum hidrojen sülfat için erime noktası 72 °C, TBAP için erime noktası 120 °C olarak saptanmıştır. Tetrabutilamonyum persülfatın erime noktası literatürle uyum içindedir [Kogan *et al.*, 1999]. Bu bileşiklerin IR spektrumları incelendiğinde, spektrumların benzer olduğu görülmektedir (cm^{-1} : 591, 619, 728, 883, 1066, 1127, 1297, 1382, 1487, 1626, 2875, 2961). Kogan vd. çalışmalarında 580, 1192 ve 3354 cm^{-1} 'de gözlenen piklerin hidrojen sülfat için; 619, 1066 ve 1127 cm^{-1} 'de gözlenen piklerin de persülfat için karakteristik olduğunu belirtmişlerdir. IR spektrumları, Kogan ve arkadaşlarının çalışmasıyla uyumludur [Kim *et al.*, 1999] Tetrabutilamonyum hidrojen sülfatın spektrumunda 580 ve 1192 cm^{-1} 'de gözlenen S-O gerilme titreşimleri, TBAP spektrumunda 619 ve 1066 cm^{-1} 'e kaymıştır. Tetrabutilamonyum hidrojen sülfat için 3354 cm^{-1} 'de görülen N-H gerilme piki, TBAP spektrumunda gözlenmemiştir. Tetrabutilamonyum persülfat için 1127 cm^{-1} 'de gözlenen C-N gerilme piki ise tetrabutilamonyum hidrojen sülfatın IR spektrumunda gözlenmemiştir.

Homo- ve kopolimer için elde edilen UV ve IR spektrumlarına ait sonuçlar Tablo 3 ve 4'de verilmiştir.

Tablo 3. UV spektrumunda gözlenen bantların dalga boyları

Polimer	nm	nm
PANI	319	618
PFANI	279	555
PCIANI	308	567
PIANI	310	587
P(An-ko-2-FAn)	326	584
P(An-ko-2-ClAn)	321	580
P(An-ko-2-IAn)	324	567

Tablo 4. IR spektrumuna ait sonuçlar

Polimer	cm ⁻¹	cm ⁻¹	cm ⁻¹	cm ⁻¹	cm ⁻¹	cm ⁻¹
PANI	1584	1469	1295	1083	828	498
PFANI	1610	1506	1310	1290	1096	778
PCIANI	1580	1474	1390	1240	1082	795
PIANI	1576	1480	1320	1190	1096	420
P(An-ko-2-FAn)	1600	1508	1381	1304	1130	827
P(An-ko-2-ClAn)	1580	1490	1297	1220	1160	1077
P(An-ko-2-IAn)	1570	1510	1370	1305	1140	860

Polianilin UV spektrumunda 300 nm civarında gözlenen band benzoid halkasının (π - π^* geçişi); 600-700 nm civarında gözlenen geniş band ise kinoid halkasının (benzoid halkasının HOMO dan kinoid halkasının LUMO ya yük transfer geçişi (e/2)) absorpsiyonuna aittir. Polianilin IR spektrumunda 498, 828, 1083, 1295, 1469 ve 1584 cm⁻¹'de gözlenen karakteristik pikler, polianilin yapısını doğrulamaktadır. 1584 cm⁻¹'deki band kinoid halkasındaki C=C bağı ifade ederken; 1469 cm⁻¹'deki band benzoid halkasındaki C=C çift bağının titreşimine aittir. 1295 cm⁻¹'deki band, kinoid ve benzonoid dizisindeki C-N titreşimine karşılık gelmektedir. Bu sonuçlar bu konuyla ilgili çalışmalarla uyumludur [Diaz *et al.*, 1998; Sharma *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 1999].

Poli(2-floranilin), poli(2-kloranilin) ve poli(2-iyotanilin) polimerlerinin IR spektrumlarında, polianilin spektrumundan farklı olarak C-halojen bağının gerilmesine ait bantlar bulunmaktadır. 1310 cm⁻¹'de C-F, 795 cm⁻¹'de C-Cl ve 420 cm⁻¹ dalga boyunda ise C-I gerilme bantları gözlenmiştir.

Poli(2-floranilin), poli(2-kloranilin), poli(2-iyotanilin), poli(anilin-ko-2-floranilin), poli(anilin-ko-2-kloranilin) ve poli(anilin-ko-2-iyotanilin) UV spektrumlarında yapıdaki halojenin elektronegatifliğinden dolayı benzonoid ve kinoid halkalarına ait bantların polianiline göre daha küçük dalga boylarına kaydığı gözlenmiştir (Tablo 3).

Poli(anilin-ko-2-floranilin) kopolimeri ile poli(2-floranilin) UV spektrumları karşılaştırıldığında, poli(2-floranilin)'de 279 nm dalga boyunda gözlenen kinoid halkasına ait bandın 326 nm'ye, 555 nm'deki benzoid halkasına ait bandın ise 584 nm'ye kaydığı

gözlenmiştir. Dalga boyundaki bu kayma, yapıda polifloranilin yanısıra polianilin de bulunduğuna işaret etmektedir (Polianilinde $\lambda_{\text{kinoid}}=319$ nm, $\lambda_{\text{benzoid}}=618$ nm). Poli(anilin-ko-2-floranilin) kopolimerin UV spektrumundaki 326 ve 584 nm'deki bantlar sırasıyla $\pi-\pi^*$ geçişine ve polaronik banda; poli(2-floranilin) spektrumundaki 279 ve 555 nm'deki bantlar ise sırasıyla $\pi-\pi^*$ ve $n-\pi^*$ geçişlerine aittir [Sharma *et al.*, 2001]. Poli(anilin-ko-2-kloranilin) ile poli(2-kloranilin) ve poli(anilin-ko-2-iyotanilin) ile poli(2-iyotanilin) UV spektrumları karşılaştırıldığında kopolimerlerdeki bantların homopolimerlere göre daha büyük dalga boylarına kaydığı gözlenmiştir.

Homopolimer ve kopolimerlerin oda sıcaklığında ölçülen elektriksel iletkenliklerinin verildiği Tablo 2 incelendiğinde; homopolimer ve kopolimerlerin iletkenliği üzerinde halojenlerin elektron çekici etkisi görülmektedir. Kopolimerlerin iletkenliği polianilinden düşük, homopolimerlerden yüksektir. Kopolimerlerin iletkenliğinin polianiline göre daha düşük olması, polianilin zincirine halojenli anilinlerin katılması ile açıklanabilir. Sentezlenen homo- ve kopolimerlerin iletkenlikleri literatürdeki verilerle karşılaştırıldığında polianilin hariç (1,2 S/cm) diğerleri için daha yüksek iletkenlik değerleri elde edilmiştir [Sharma *et al.*, 2001; Gök *et al.*, 2004].

Sentezlenen homo- ve kopolimerlerin çözünürlüğü dimetil sülfoksit (DMSO), N-metil-2-pirolidon (NMP), N,N-dimetilformamid (DMF) ve tetrahidrofuran (THF) gibi polar çözücülerde araştırılmıştır. PANI DMSO'de çözünmüş fakat NMP, DMF ve THF'de çözünmemiştir. Polianilin aksine PFANI, PCIANI, PIANI, P(An-ko-2-FAn), P(An-ko-2-ClAn) ve P(An-ko-2-IAn) DMSO, NMP, DMF ve THF'de çözünmüştür.

KAYNAKLAR

- Burroughes, J.H. Bradley, D.C., Brown, A.R., Marks, R.N., Mackay, K.D., Friend, R.H., Burn, P.L. and Holms, A.B. (1990). Light-Emitting Diodes Based on Conjugated Polymers, *Nature*, 347, 539-541.
- Chandrasekhar, P. (1999). *Conducting Polymers, Fundamentals and Applications: A Practical Approach*, Kluwer Academic Publishers, (s. 718), Norwell, USA.

- Diaz, F.R., Sanchez, C.O., Del Vale, M.A., Tagle, L.H., Bernede, J.C. and Tregouet, Y. (1998). Synthesis, Characterization and Electrical Properties of Dihalogenated Polyanilines, *Synthetic Metals*, 92, 99-106.
- Diaz, F.R., Sanchez, C.O., Del Vale, M.A., Torres, J.L. and Tagle, L.H. (2001). Synthesis, Characterization and Electrical Properties of Poly(2,5-,2,3- and 3,5-dichloroaniline)s. Part II. Copolymers with Aniline, *Synthetic Metals*, 118, 25-31.
- Gök, A., Sarı, B. and Talu, M. (2004). Synthesis and Characterization of Conducting Substituted Polyanilines, *Synthetic Metals*, 142, 41-48.
- Guimard, N.K., Gomez, N., and C.E. Schmidt. (2007). Conducting Polymers in Biomedical Engineering, *Progress in Polymer Science*, 32, 876-921.
- Jagur-Grodzinski, J. (2002). Review: Electronically Conductive Polymers, *Polymers for Advanced Technologies*, 13, 615-625.
- Jung, J.C., Choi, H.C. and Kim, Y.H. (1993). Direct Facile Tetrahydrofurylation of Alcohols Through Radical Coupling with Tetrabutylammonium Peroxydisulfate", *Tetrahedron Letters*, 34, 3581-3584.
- Kim, Y.H., Jung, J.C., Choi, H.C. and Yang, S.G. (1999). Recent Studies on Organic Synthesis Mediated by Radical Species of Peroxydisulfur Compounds, *Pure and Applied Chemistry*, 71, 377-384.
- Kogan, I., Fokeeva, L., Shunina, I., Estrin, Y., Kasumova, L., Kaplunov, M., Davidova, G. and Knerelman, E. (1999). An Oxidizing Agent for Aniline Polymerization, *Synthetic Metals*, 100, 303.
- Koval'chuk, E.P., Whittingham, S., Skolozdra, O.M., Zavalij, P.Y., Zavalij, I.Y., Reshetnyak, O.V. and Blazejowski, J. (2001). Copolymers of Aniline and Nitroanilines. Part II. Physicochemical Properties, *Materials Chemistry and Physics*, 70, 38-48.
- Kwon, A.H., Conklin, J.A., Makhinson, M. and Kaner, R.B. (1997). Chemical Synthesis and Characterization of Fluoro-Substituted Polyanilines, *Synthetic Metals*, 84, 95-96.
- Perçin-Özkorucuklu, S., Şahin, Y. and Alsancak, G. (2008). Voltammetric Behaviour of Sulfamethoxazole on Electropolymerized-Molecularly Imprinted overoxidized polypyrrole, *Sensors*, 8, 8463-8478.
- Sardohan-Koseoglu, T., Kir, E., Percin-Ozkorucuklu, S. and Karamızrak, E. (2010). Preparation and Characterization of P2FAn/PVDF Composite Cation-Exchange Membranes for The Removal of Cr(III) and Cu(II) by Donnan Dialysis, *Reactive & Functional Polymers*, 70, 900-907.

- Sayed, W.M. and Salem, T.A. (2000). Preparation of Polyaniline and Studying its Electrical Conductivity, *Journal of Applied Polymer Science*, 77, 1658-1665.
- Saxenai, V. and Malhotra B.D. (2003). Prospects of Conducting Polymers in Molecular Electronics, *Current Applied Physics*, 3, 293-305.
- Sharma, A.L., Saxena, V., Annapoorni, S. and Malhotra, B.D. (2011). Synthesis and characterization of a Copolymer: Poly(aniline-co-fluoroaniline), *Journal of Applied Polymer Science*, 81, 1460-1466.
- Singh, R. and Narula, A.K. (1997). Junction Properties of Aluminum/Polypyrrole (Polypyrrole Derivatives) Schottky Diodes, *Applied Physics Letters*, 71, 2845-2847.
- Şahin, Y., Pekmez, K. and Yıldız, A. (2002). Electrochemical Synthesis of Self-Doped Polyaniline in Fluorosulfonic Acid/Acetonitrile Solution, *Synthetic Metals*, 129, 107-115.
- Şahin, Y., Perçin, S. and Özkan-Alsancak, G. (2003a). Electrochemical Synthesis of Poly(2-iodoaniline) and Poly(aniline-co-2-iodoaniline) in Acetonitrile, *Journal of Applied Polymer Science*, 89, 1652-1658.
- Şahin, Y., Perçin, S., Şahin, M. and Özkan, G. (2003b). Electrochemical Polymerization of Fluoro- and Chloro-Substituted Anilines and Copolymers with Aniline, *Journal of Applied Polymer Science*, 91, 2302-2312.
- Wallace, G.G., Spinks, G.M., Kane-Maguire, L.A.P. and Teasdale P.R. (2003). *Conductive Electroactive Polymers: Intelligent Materials Systems*, CRC Pres LLC, (s. 425) Florida, USA.
- Waware, U.S. and Umare, S.S. (2005). Chemical Synthesis, Spectral Characterization and Electrical Properties of Poly(aniline-co-m-chloroaniline), *Reactive & Functional Polymers*, 65, 343-350.
