

## Fenol, p-Bromfenol ve p-Nitrofenol Moleküllerinin Moleküler Elektronik Spektroskopi Yöntemiyle İncelenmesi

Bekir ÇAKIR<sup>1</sup>, Ayhan ÖZMEN<sup>1</sup>, Yusuf YAKAR<sup>2</sup>, M.Özgür SEZER<sup>1</sup>, Hüseyin YÜKSEL<sup>1</sup>

**Özet:** Bu çalışmada fenol, p-bromfenol ve p-nitrofenol organik bileşiklerinin farklı çözücüler içinde değişik konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumları incelendi. Bileşiklerin geçişlerdeki etkin elektronik yapısı belirlendi. Beer-Lambert konsantrasyon bölgesi sınırları içinde kalarak alınan spektrumlarında çözücünün, moleküllerin geçiş dalga boyu piklerine olan etkileri incelendi, çözücünün polarlığına göre dalga boyunun kırmızıya kaydığı ve spektrum şiddetinin çözücü konsantrasyonu ile orantılı olarak değiştiği belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Fenol, p-bromfenol, p-nitrofenol, elektronik spektroskopi.

### Investigation of Fenol, p-Bromfenol and p-Nitrofenol Molecules by the Method of Molecular Electronic Spectroscopy

**Abstract:** In this study, ultraviolet-visible spectra of phenol, p-bromphenol and p-nitrophenol samples in different solvents and solvent concentrations have been investigated and electronic structures of the compounds that effective on the transitions determined. As a result of examination on the spectrum taken under the condition of Beer-Lambert concentration region has been determined the transition wavelengths were shifted toward to the red region due to the polarity of solvent and the intensities of spectrum have been found proportional to the solvent concentration.

Key Words: Phenol, p-bromphenol, p-nitrophenol, electronic spectroscopy.

#### Giriş

Mor ötesi ve görünür bölge spektrumunda moleküler soğurma, molekülün elektronik yapısına bağlıdır. Her bir elektronik düzey üzerine titreşim düzeyleri ve her titreşim düzeyi üzerine dönme düzeyleri bindiğinden bir elektronik uyarma, titreşim ve dönme uyarmasına da yol açar ve sonuçta ince bir mor ötesi soğurma çizgisi yerine, geniş bir mor ötesi soğurma bandı elde edilir. Mor ötesi spektrumu, moleküldeki pek çok elektronik geçişe karşılık gelen ve çoğu kez biri diğerinin bir bölümüyle veya tümüyle altında kalmış soğurma bantlarından oluşur. Bu durum özellikle polar çözücüler içerisindeki organik bileşiklerde, sıvılarda ve katılarda gözlenir. Apolar çözücüler içinde ve buhar fazında ise oldukça ince spektrum bantları elde edilir [1,2].

<sup>1</sup> S.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, 42079, Kampüs, Konya

<sup>2</sup> SA.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Sakarya

Spektroskopisi yöntemi ile atom ve molekülün yapısını, enerji seviyelerini ve bu seviyeleri karakterize eden fiziksel niceliklerini öğrenmek mümkündür. Elektronik spektroskopisi, organik moleküllerin konjugasyon derecesi ve aromatikliği hakkında da bilgi verir. Yine mor ötesi analizi ile konjuge dienler, izole dienlerden ayrılabilirdiği gibi çift bağların sayısı da bulunabilir [3,4]. Bu çalışmada mor ötesi ve görünür bölge spektroskopisi (elektronik spektroskopisi) ile moleküllerin elektronik dağılımını ve elektronik spektrumunu etkileyen faktörler araştırılmıştır. Fenol(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH), p-bromfenol(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OBr) ve p-nitrofenol(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OHNO<sub>2</sub>) moleküllerinin n-hekzan (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>), etil eter(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>) ve etil alkol(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) çözücüleri içerisinde farklı konsantrasyonlarda mor ötesi spektrumları alınmış, elektronik geçişler ve bu geçişlerin özellikleri belirlenmiştir.

### Meteryal ve Metot

Spektrumlar, Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Araştırma Laboratuvarında bulunan 190nm-1100nm aralığına duyarlı çift ışınlı PERKIN-ELMER LAMBDA 2 UV/VIS Spektrometresi ile alındı. Madde olarak fenol(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH), p-bromfenol(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OBr) ve p-nitrofenol(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OHNO<sub>2</sub>), çözücü olarak ise n-hekzan((CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>), etil eter(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>) ve etil alkol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) kullanıldı. Bu Maddelerden fenol, p-bromfenol, p-nitrofenol, n-hekzan, etil eter ve etil alkol Merc firması tarafından üretilmiş olup safsızlıkları sırasıyla, % 99, % 99, % 98, % 99, % 99,9 ve % 96 dır.

Çözeltiler, 10<sup>-3</sup> g mertebesinde madde, temizlenmiş balon joje içerisinde tartıldıktan sonra belirli miktarda çözücü ilave edilip karıştırılmakla hazırlanmıştır. Daha sonra belli hacme kadar yine aynı çözücü ilave etmekle farklı konsantrasyonlarda(10<sup>-4</sup> M mertebesinde) 10 cm<sup>3</sup> hacminde çözeltiler hazırlanmıştır. Spektrometrenin kuvvetleri önce çözücü ile doldurularak background ölçümü yapılmış ve daha sonra kuvvetlerden birisi içindeki çözücü boşaltılarak hazırlanan çözeltiden 2,5 - 3 cm<sup>3</sup> kadar çözelti konmuştur. Spektrumlar soğurma şiddetinin dalga boyuna göre değişimini verecek biçimde alınmıştır. Spektrum şiddetinin çalışma bölgeleri dışına taşması durumunda hazırlanan çözelti belli oranda seyreltilerek spektrumları tekrar alınmıştır. Uygun spektrum pikleri elde edilinceye kadar seyreltme işlemine devam edilmiştir.

### Fenol, p-Bromfenol , p-Nitrofenol Molekülleri ve Elektronik Geçişler

Fenol molekülü, benzen halkasındaki hidrojen atomlarından birisinin OH substitüenti ile yer değiştirmesi sonucu oluşan bir maddedir. p-bromfenol ve p-nitrofenol maddeleri ise fenolün türevlerindedir. Fenol halkasına para durumunda brom atomunun tutturulması ile p-bromfenol, nitro molekülünün tutturulması ile de p-nitrofenol elde edilir.

n,  $\pi$  ve  $\sigma$ -elektronu bulunan bir molekülde  $n \rightarrow \pi^*$ ,  $n \rightarrow \sigma^*$ ,  $\pi \rightarrow \pi^*$ ,  $\pi \rightarrow \sigma^*$ ,  $\sigma \rightarrow \pi^*$  ve  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  şeklinde altı geçiş olabilir. Burada  $\pi \rightarrow \pi^*$  işareti karşıt bağ orbitalini göstermektedir.  $\pi \rightarrow \sigma^*$  ve  $\sigma \rightarrow \pi^*$  geçişleri yasak geçişlerdir, mor ötesi-görünür bölge spektrumunda  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçişlerinin örtmesi nedeniyle incelenemez[2,5,6].  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  geçişlerinin molar soğurganlığı çok büyüktür ve uzak mor ötesi bölgede( $\lambda < 200$  nm) gerçekleşir.  $n \rightarrow \sigma^*$  geçişleri orta şiddetli geçişlerdir,  $180\text{nm} < \lambda < 230$  nm bölgesinde gerçekleşir.  $n \rightarrow \pi^*$  geçişlerinin molar soğurganlıkları  $\epsilon_{\text{max}}$  (lt/mol.cm) 100 den küçüktür ve bu geçişler çözücü polaritesinin artmasıyla maviye kayar (hypsochromic). Moleküler yapıdaki değişiklikler daha kısa dalga boylarında ilave bantları verirken bu geçişler değişmeden kalır, ama daha şiddetli bantlar tarafından örtülebilir [4,7].

$\pi \rightarrow \pi^*$  geçişlerinin molar soğurganlıkları,  $10^3 > \epsilon_{\text{max}} > 10^4$  olup, yakın mor ötesi (200nm $<$  $\lambda <$ 400nm) bölgesinde gerçekleşir. Böyle soğurmalar aynı zamanda stiren, benzaldehid veya asetofenon gibi kromoforik substitüente sahip aromatik moleküllerin spektrumlarında görülür [1].  $\pi$  orbitali, polar çözücülerden en çok etkilenen orbitallerden birisi olup, çözücünün polaritesinin artması durumunda  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçişlerinde kırmızıya kayma(bathochromic) gözlenir ve şiddet artışı

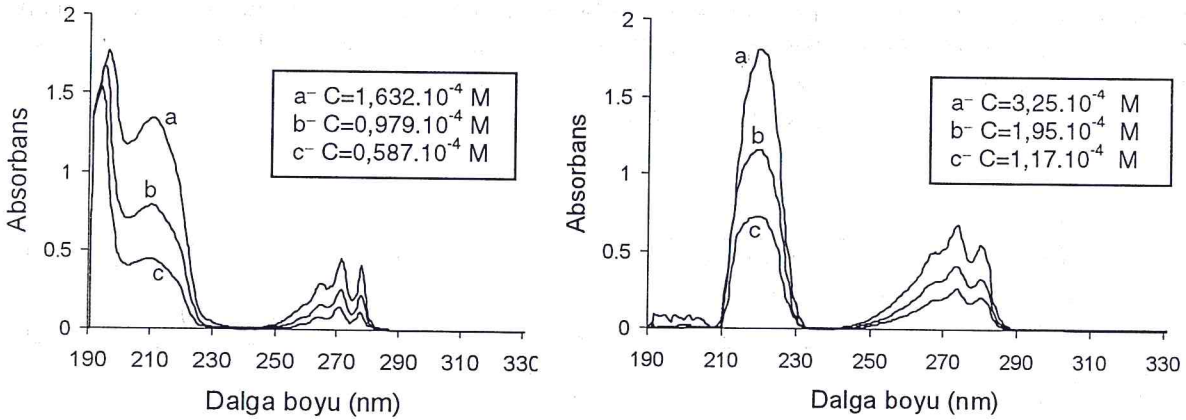


olur [3,4,8]. Kırmızıya kayma tahmini olarak dipol-dipol etkileşimi ve hidrojen bağına eşlik eden uyarılmış durumun enerji seviyesindeki bir azalmadan oluşur.  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçişleri aromatik veya farklı aromatik moleküllerin spektrumlarının özelliğidir. Bir kromoforik grup aromatik halkaya tutturulduğunda  $\pi \rightarrow \pi^*$  ve  $n \rightarrow \pi^*$  geçişleri daha uzun dalga boylarında gözlenir. Bu bantların karakteristik ince yapısı substitüe edilmiş aromatiklerin spektrumlarında kaybolabilir. Doymuş grupların substitüentleri sonucu  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçişleri daha büyük dalga boylarına kayar ve şiddetleri artar[1,7].

### Sonuçlar ve Tartışma

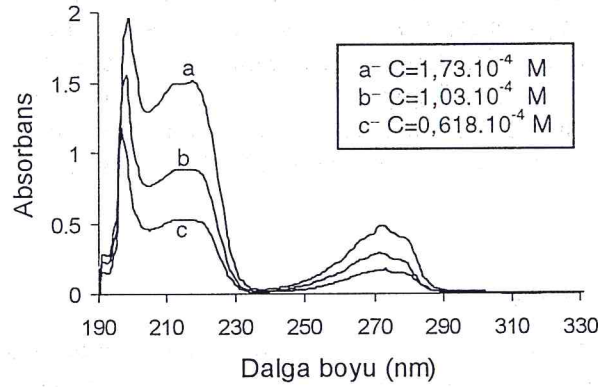
Fenolün apolar bir çözücü olan n-hekzan içinde alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu Şekil.1 de ve polar çözücüler olan etil eter ve etil alkol içinde alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumları Şekil.2 ve 3 de verilmiştir.

Fenolün n-hekzan içindeki spektrumunda sırasıyla 196 nm ( $\epsilon_{\max}=10863$ ) de, 211nm ( $\epsilon_{\max}=8247$ ) de ve 271 nm ( $\epsilon_{\max}=2867$ ) de olmak üzere üç tane, etil eter içindeki spektrumunda 220 nm ( $\epsilon_{\max}=2083$ ) ve 274 nm ( $\epsilon_{\max}=5547$ ) de iki tane ve etil alkol içindeki spektrumunda 199 nm ( $\epsilon_{\max}=11462$ ), 218 nm ( $\epsilon_{\max}=8699$ ) ve 272 nm ( $\epsilon_{\max}=2786$ ) de olmak üzere üç tane soğurma piki elde edildi. n-hekzan içindeki spektrumunda en küçük enerjili geçişe karşılık gelen 271 nm deki spektrum pikinde yarılmalara gözlemlendi. Bu yarılmalar kullanılan çözücünün tam apolar olması nedeniyle spektrum bantları üzerinde elektronik geçişlerin yanı sıra titreşim geçişlerinin de görülmesinden kaynaklanır. Etil eter içindeki spektrumunda ise 273 nm deki spektrum bandındaki yarılmalar etil eterin kısmen apolar bir çözücü olmasından kaynaklanır. Fakat n-hekzan içindeki göre dallanmanın daha az olması, etil eter n-hekzana göre az apolar olmasından oluşur.



Şekil.1. Fenolün, n-hekzan içinde farklı konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu

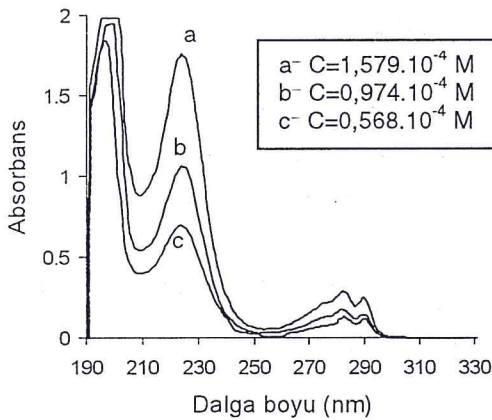
Şekil.2. Fenolün etil eter içinde farklı konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu.



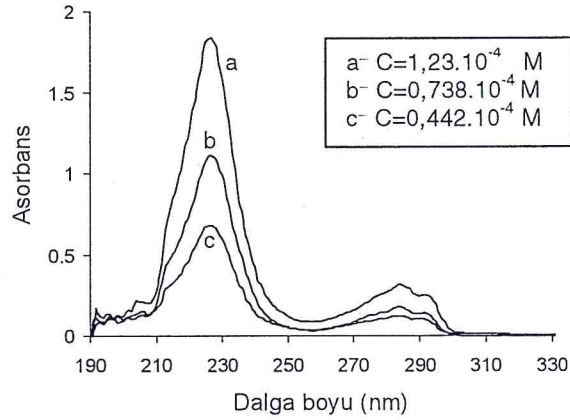
Şekil.3 Fenolün etil alkol içinde farklı konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu.

Fenolün n-hekzan ve etil eter içinde 271-273 nm deki spektrum piklerinde görülen titreşim geçişlerinden dolayı oluşan yarımalar, etil alkol içinde alınan spektrumda kaybolmuştur. Bu etil alkolün polar bir çözücü olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca polar çözücülerde soğurma şiddeti büyük, apolar çözücülerde ise küçüktür. Fenolün farklı çözücüler içinde alınan spektrumunda, kullanılan çözücülere bağlı olarak geçiş dalga boylarında kaymalar olmaktadır (Tablo.1). Bu kaymalar apolar çözücü olan n-hekzan da maviye doğru olurken, polar çözücüler olan etil eter ve etil alkolde kırmızıya doğru olmuştur.

p-bromfenolün n-hekzan, etil eter ve etil alkol çözücülerinde alınan spektrumları sırasıyla Şekil.4, 5 ve 6 da görülmektedir. p-bromfenolün n-hekzan içinde alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumunda 196 nm ( $\epsilon_{\max}=14787$ ) de, 224 nm ( $\epsilon_{\max}=11146$ ) de ve 282 nm ( $\epsilon_{\max}=1881$ ) de soğurma piki vardır. p-bromfenolün etil eter içinde alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumunda 227 nm ( $\epsilon_{\max}=14975$ ) de ve 284 nm ( $\epsilon_{\max}=2544$ ) de iki spektrum piki, etil alkol içinde alınan spektrumunda ise 199 nm ( $\epsilon_{\max}=15468$ ) de, 227 nm ( $\epsilon_{\max}=10784$ ) de ve 283 nm ( $\epsilon_{\max}=1618$ ) de olmak üzere üç tane spektrum piki bulunmuştur.

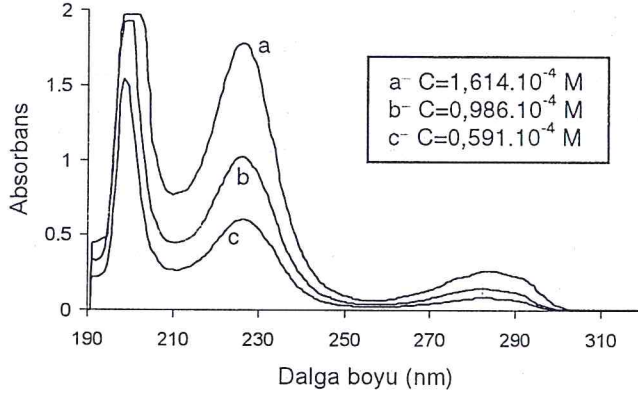


Şekil.4 p-bromfenolün n-hekzan içinde farklı konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu.



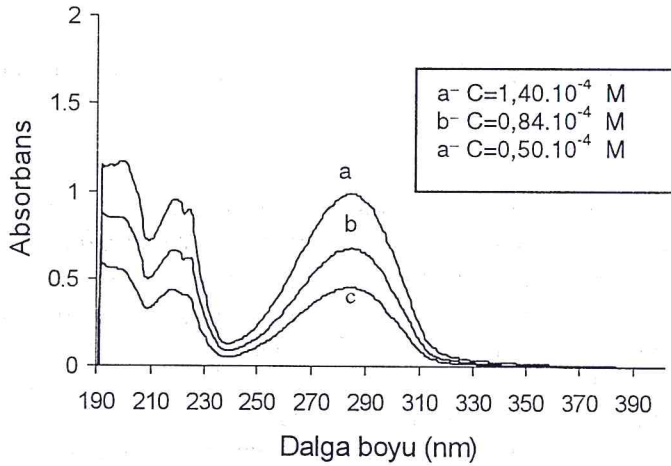
Şekil.5 p-bromfenolün etil eter içinde farklı konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu.

Woodward kurallarına göre, fenole para durumunda substitüe edilen brom atomunun her dalga boyu pikinde +15 nm lik bir kaymaya neden olduğu gözönüne alındığında p-bromfenol için elde edilen spektrum piklerinin çözücünün polarlığının etkisi de göz önüne alınır, Woodward kuralları ile tam uyum içinde olduğu görülür[1,4,5,9]. Fenolün ve p-bromfenolün n-hekzan içindeki spektrumlarını gözönüne alırsak, fenolün 211 nm ve 271 nm deki pikleri p-bromfenol de 224 nm ve 282 nm ye kaymıştır.



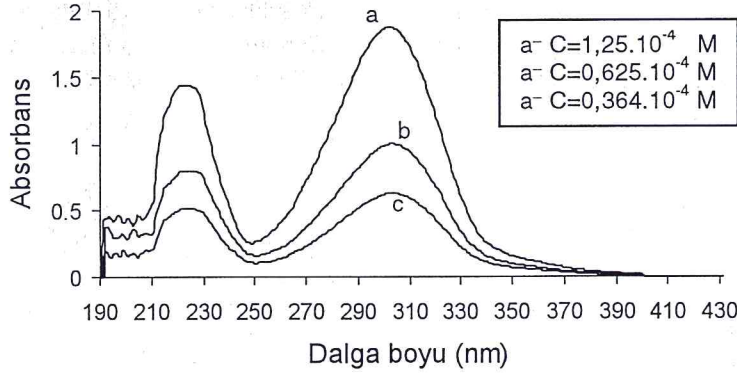
Şekil.6 p-bromfenolün etil alkol içinde farklı konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu.

p-nitrofenolün n-hekzan, etil eter ve etil alkol çözücülerinde alınan spektrumları sırasıyla Şekil.7, 8 ve 9 da verilmektedir. p-nitrofenolün n-hekzan içinde alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumunda 199 nm ( $\epsilon_{\max}=10285$ ), 218 nm ( $\epsilon_{\max}=6735$ ) ve 284 nm ( $\epsilon_{\max}=7028$ ) de olmak

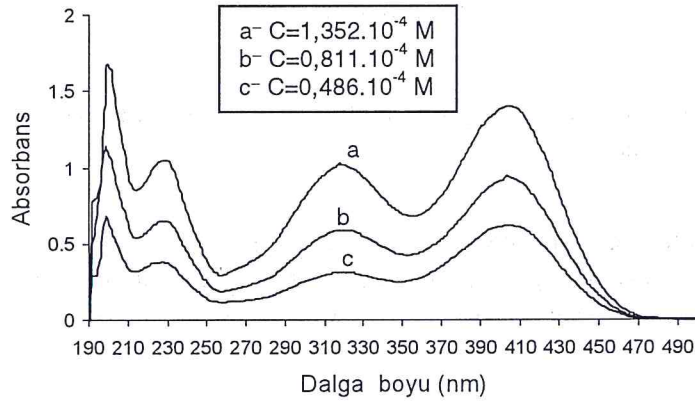


Şekil.7 p-nitrofenolün n-hekzan içinde farklı konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu.





Şekil.8 p-nitrofenolün etil eter içinde farklı konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu.



Şekil.9 p-nitrofenolün etil alkol içinde farklı konsantrasyonlarda alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumu.

üzere üç tane soğurma piki vardır. p-nitrofenolün etil eter içinde alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumunda 223 nm ( $\epsilon_{\max}=11416$ ) ve 303 nm ( $\epsilon_{\max}=15344$ ) de olmak üzere iki tane spektrum piki, etil alkol içinde alınan spektrumunda ise 199 nm ( $\epsilon_{\max}=12426$ ), 228 nm ( $\epsilon_{\max}=7655$ ), 317 nm ( $\epsilon_{\max}=7618$ ) ve 401 nm ( $\epsilon_{\max}=9903$ ) de olmak üzere dört tane spektrum piki bulunmuştur. p-nitrofenol apolar çözücü n-hekzan ve kısmi polar çözücü etil eter içinde görülmeyen, polar çözücü olan etil alkol içinde görülen 400 nm civarlarında başka bir soğurma piki vermiştir. Bu dördüncü pik çözücü-madde etkileşmesi sonucu ortaya çıkar. Benzen halkasına bağlanmış olan OH deki hidrojen atomu halkadan ayrılır ve oksijen üzerinde bağ yapmamış elektron oluşur. Bu fazla elektron benzen halkasına geçer ve  $\text{NO}_2$  substitüentinin halkaya çift bağla bağlanmasını sağlar. Bunun sonucu olarak azota bağlı iki oksijenin de azotla tek bağ yapma durumuna geçtiği anlaşılır[3,4,10].

Fenol, p-bromfenol ve p-nitrofenol un farklı çözücüler içerisinde alınan spektrumlarına ait dalga boyları ve soğurma kat sayıları Tablo.1 de verilmiştir. Fenol, p-bromfenol ve p-nitrofenol ün

spektrumlarında görülen piklere ait elektronik geçişlerin, soğurma katsayıları ve dalga boyu değerlerine[3,5,6] göre  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçişleri olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo.1 de fenol ile fenolün türevlerinin karşılaştırılmasından, fenole ilave edilen para durumundaki brom ve nitro substitüentinin neden olduğu dalga boyundaki kaymaların Woodward kuralları ile uyum içinde bulunmuştur[1,10,11].

Elektronik spektrumu etkileyen en önemli etkenlerden biri de çözücü etkisidir. Çözücülerin polarlığının artması molekülün n ve  $\pi$  orbitallerinin konumlarının değişmesine neden olur. Örneğin,  $\pi$  orbitalinin enerji seviyesinin aşağı kayması sonucunda  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçiş enerjisi azalır ve spektrum piki beklenenden daha büyük bir dalga boyunda oluşur. Yani kırmızıya kayma gözlenir. Buna karşılık n $\rightarrow\pi^*$  geçiş enerjisi artar ve dalga boyunda maviye kayma olur[3,4,12]. Çözücü içindeki bileşikler çözücü ile etkileşir. Çözücünün elektronegatif olması durumunda, çözücünün elektronları ile madde elektronları arasında, özellikle bağ yapmamış olan n-elektronları arasında etkileşim olur. Buna bağlı olarak da dalga boyunda kayma gözlenir. Sözü edilen etkileşme iki türlü ortaya çıkabilir. Bunlar madde polar, çözücü apolar ise madde-çözücü etkileşmesi; madde apolar, çözücü polar ise çözücü-madde etkileşmesi şeklindedir[1,4]. Bazı çözücüler ise ne tam polar ne de tam apolar özelliktedir. Bu durumda bazı spektrum pikleri kaybolur veya dalga boylarında kaymalar olur[3,5,13].

**Tablo.1** Fenol, p-bromfenol ve p-nitrofenolün n-hekzan, etil eter ve etil alkol içinde alınan mor ötesi-görünür bölge spektrumlarına ait dalga boyları ve molar soğurma katsayıları

Madde	Çözücü					
	n-hekzan		Etil eter		Etil alkol	
	$\lambda_{max}(nm)$	$\epsilon_{max}(lt/mol.cm)$	$\lambda_{max}(nm)$	$\epsilon_{max}(lt/mol.cm)$	$\lambda_{max}(nm)$	$\epsilon_{max}(lt/mol.cm)$
Fenol	196,3	10863	--	--	199	11462
	211	8247,5	220	5547	217,9	8699
	271	2867,6	273	2083	272	2786
p-Bromfenol	196,6	14787	--	--	199	15468
	223,8	11146,2	226,8	14975,6	226,3	10784
	281,7	1880,9	284	2544	282,7	1618
p-Nitrofenol	199	10285	--	--	198,2	12426
	218,3	6735	222,4	12304	228	7655
	284,3	7028,5	302,6	16128	317	7618
				401	9903,8	

\*Dalga boyu piklerine karşılık gelen elektronik geçişlerin tümü  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçişleridir.

Elektronik spektroskopide apolar çözücüler içinde alınan spektrumlarda elektronik geçişlerin yanı sıra dallanmalar şeklinde ortaya çıkabilen titreşim geçişleri de görülebilir[1,3,5]. Bu tür geçişler fenol, p-bromfenol ve p-nitrofenol maddelerinin apolar çözümler içinde alınan spektrumlarında görülmüştür. Fenol, p-bromfenol ve p-nitrofenolün etil eter içindeki spektrumunda ise uzak mor ötesi bölgesine yakın spektrum piklerinin kaybolduğu görülmektedir. Bunun nedeni,



benzen halkasındaki  $\pi$ -elektronlarının etil eter tarafından kuvvetli bir şekilde çekilmesi ve halkadaki  $\pi$ -elektron yoğunluğunun azalmasıdır[4,5].

p-nitrofenolün belirlenen çözücüler içinde alınan spektrumlarındaki elektronik geçişlerde çözücünün polarlığının artmasıyla, soğurma uzun dalga boyunda gerçekleşmiş ve soğurma şiddeti azalmıştır. Burada etil alkol ve etil eter içindeki spektrumların şiddetli ve bant genişliğinin n-hekzana göre daha büyük olması çözücülerin sahip oldukları bağ yapmamış elektronları (oksijen atomunda) benzen halkasına vermesinden dolayı halkadaki  $\pi$ -elektron yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Böylece halkadaki  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçişlerinin sayısı artmakta ve bandlar genişlemektedir.

Sonuç olarak polar yapıya sahip olan fenol, p-bromfenol ve p-nitrofenol maddelerinin apolar çözücü olan n-hekzan içinde alınan mor ötesi-görünür bölgesindeki soğurma bandı şiddeti, polar çözücüler olan etil eter ve etil alkol çözücülerini içindeki göre daha düşüktür ve spektrum bandları kırmızıya doğru kaymaktadır. Belirtilen bileşikler için açık olarak anlaşılan bu durumu daha genel olarak, mor ötesi-görünür bölge spektroskopisi ile organik maddelerin analizleri yapılırken istenilen seviyede geçiş şiddetleri elde etmek için çözünen madde ile çözücünün aynı polar özellikte olması gerektiğini söylenebilir.

## Kaynaklar

- 1- Silverstein, R.M., Bassler, G.C., and Morrill, T.C. Spectrometric Identification of Organic Compounds, 5nd.Ed.,Wiley, New York, 1991.
- 2- Banwell, C.N. Fundamentals of Molecular Spectroscopy, McGraw-Hill, London, 1983.
- 3- Erdik, E. Organik Kimyada Spektroskopik Yöntemler, Ankara, 1993.
- 4- Gündüz, T. Instrumental Analiz, 3.Baskı,Ankara, 1993.
- 5 Yakar,Y., Yüksel, H., Kumru, M., Özmen, A. Benzen, Anilin ve Pridin'in Elektronik Soğurma Spektroskopisi. S.Ü.Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi 15:45-57, 1998.
- 6- Sezer,M.Ö., Özmen, A., Kumru, M., Yakar, Y., Yüksel. H., Toluidin Moleküllerinin Elektronik Soğurma Spektroskopisi, S.Ü. Fen-Edeb. Fak. Fen Der.,16:51-59,2000
- 7- Suzuki, H. Electronic Absorption Spectra and Geometry of Organic Molecules, Academic Press, New York-London, 1967.
- 8- Stern, E.S., and Timmos, T.C.J. Electronic Absorption Spectroscopy in Organic Chemistry, St.Martin's Press, New York, 1971.
- 9- Gramstad, T. Studies of Hydrogen Bonding. Part XXXVI. Dipole Moments of Pyridines, Quinolines and Acridine, and of Their Hydrogen-Bonded Complexes with Phenol. Acta Chemica Scandinavica 47: 985-989, 1993.
- 10- Doub, B.L., and Vandenbelt, J.M. The Continuity of the Ultraviolet Bands of Benzene with Those of its Derivatives. Application to Certain Trisubstituted Derivatives. Organic and Biological Chemistry 77: 4535-4540, 1955.
- 11- Berman, J.M., Graham, J.L., and Dellinger. High Temperature UV Absorption Characteristics of Three Environmentally Sensitive Compounds. J.Photochem. Photobiol. A:Chem., 68: 353-362, 1992
- 12- Iweibo, I., Oderinde, R.A., and Faniran, J.A. Electronic Absorption Spectra and Structures of Aniline and its 4-Chloro, Pentafluoro and Pentachloro Derivatives. Spectrochimica Acta 38:1-7, 1982.
- 13- Maciejewski, A. Solvent Spectral Shifts in Perfluoroalkane Solvents. Chemical Physics Letters 163:81-87, 1989.