

CdSeTe Kuantum Noktaları ile Bromo Krezol Mor Kombinasyonunun Spektrofotometrik Değerlendirmesi

Tuna DEMİRCİ^{1*}, Erdem ELİBOL²

¹ Duzce University, Scientific and Technological Research on Application and Research Center, Duzce, Turkey,

² Duzce University, Faculty of Engineering, Department of Electrical Electronics Engineering, Duzce, Turkey,

* Corresponding author's e-mail address: tunademirci@duzce.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8933-4944>
e-mail address: erdemelibol@duzce.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0328-5534>

Geliş Tarihi: 09.06.2022

Kabul Tarihi: 30.03.2023

Öz

Anahtar kelimeler

Nanoteknoloji; CdSeTe Kuantum Noktaları; Brom Krezol Moru; Hibrit Yapı, Emisyon; Absorpsiyon

Kuantum noktalar (QDs) sahip oldukları benzersiz optik ve elektronik özellikleri ile son yıllarda birçok farklı teknolojik alanda popüler hale gelmişlerdir. Bu durum QD'lar ile organik bileşiklerin etkileşimine olan ilgiyi arttırmaktadır. Bu çalışmada bu ilgiye temel alarak, CdSeTe QD'lar ile Brom Krezol Moru (BCP) kloroform içerisinde oda sıcaklığının da etkileşimini ve CdSeTe QDs/BCP yapısının spektroskopik olarak karakterizasyonu açıklamayı amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda CdSeTe QDs/ BCP oluşumunun etkileşimleri spektroskopik olarak Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), absorpsiyon ve emisyon üzerinden karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. BCP'nin CdSeTe QD'lar ile hibritleşmesiyle QDs'nin luminesans pikinde 19 kat azalma tespit edilmiştir. Bununla birlikte Brom Krezol Moru (BCP) ile hibritleşen CdSeTe QD'lar BCP'nin soğurma özelliğini 112.8 katına kadar arttırmıştır.

Spectrophotometric Evaluation of Combination of CdSeTe Quantum Dots and Bromocresol Purple

Abstract

Keywords

Nanotechnology; CdSeTe QDs; Bromocresol purple; Hybrid associate; Emission; Absorption;

Quantum dots (QD) have been used in many different technological fields in recent years with their unique optical and electronic features. This increases the relevance to hybrid structures compatible with QDs. In this study, CdSeTe QDs and Bromocresol Purple (BCP) hybridized in chloroform in a very short time of room temperature and CdSeTe QD / BCP hybrid structures were created. The interactions of synthesized CdSeTe QD / BCP hybrid structures were examined by FT-IR and absorbance and emission characterization studies were carried out. A 19-fold reduction in the luminescence peak of QD was detected by hybridizing BCP with CdSeTe QDs. However, CdSeTe QDs hybridized to BCP increased the absorbance property of BCP up to 112.8 times.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Son yüzyılda teknolojinin gelişmesiyle birlikte kuantum noktaları (QDs) birçok araştırmanın temelinde çok önemli bir odak noktası haline gelmeye başlamış ve farklı teknolojik uygulamalarda araştırmalar yapılmıştır. Bu durum onun kullanım alanları her geçen gün arttırmaktadır. Kuantum noktalarının kullanım alanlarından bazıları örnek vermek gerekirse, Sensör (Chien *et al.* 2011, Lesiak *et al.* 2019) ve elektro-optik cihazlar (Gupta *et al.* 2013, Klude *et al.* 2002) olarak rahatlıkla sıralanabilir. Bunun dışında özellikle tıp alanında

hem seçici ligand tespiti hem de biyolojik görüntüleme QD'lerin kapsamlı çalışmaları bulunmaktadır (Algar *et al.* 2010, Jamieson *et al.* 2007).

Yüksek floresanlı nano boyutlu yarı iletken QDs'lerin kristal yapısı temel olarak II-IV ve I-III-V yapısını temel olarak elementlerden oluşur. Literatürde en yaygın olarak kullanılan QDs'ler esas olarak kadmiyum ve Tellür/Selenyum bileşimlerinden oluşmaktadır. Kadmiyum içeren QDs'lerin benzersiz özelliklerle, istenen absorpsiyon ve emisyon özellikleri ile sentezlenebilmeleri, gelecekte hastalık tedavisi ve

biyo-görüntüleme alanlarında kullanımlarının yaygınlaşabileceğini öngörülmektedir (Kang *et al.* 2016, Razmi *et al.* 2013).

Bromo Krezol moru, triaril boya ailesine ait bir türdür. Bu tür boyalar genel olarak albümin analizinde (Hill *et al.* 1983), pH belirteci (Yao *et al.* 2001), enoksasin doz ayarının belirlenmesinde (Süslü vd. 2002) ve ölümcül toksin aktivitelerinin belirlenmesinde (Kurzweilová *et al.* 1993) kullanılır. Ayrıca mikrobiyolojide bir laktik asit bakterisinin izolasyonu ve tayini için ölü hücrelerin boyanmasında yararlanılmaktadır (Dumas *et al.* 2010).

İnorganik QDs'ler ile organik boyaların karıştırılmasıyla elde edilen hibrit bileşenlerinin optik özellikleri üzerine çalışmalar artmaya başlamıştır. Hibrit yapılarda, organik boya ve inorganik QD'ler arasındaki bağlantı, esas olarak elektron transferi veya konjuge yapılar ile sağlanabildiği ortaya konulmuştur (Cao *et al.* 2016, Resch-Genger *et al.* 2008). Bu çalışmaların en umut verici yönlerinden biri, hibrit ortaklar olarak QDs-organik molekül olan etkileşimdir. Bu etkileşim, QDs'den organik bileşiğe, floresan rezonans enerji transfer mekanizması (FRET) aracılığıyla yeni bir hibrit ortak yaratır ve bir moleküle uyarma enerjisi aktararak sentez gerçekleşir (Shi *et al.* 2007, Snee *et al.* 2006). QDs yapılarının boyutları, iyi bir FRET için gerekli olan donör (QD) lüminesans bantlarının ve alıcı organik molekülün emici bantlarının örtüşmesi en önemli koşuldur. Diğer bir deyişle, yüksek enerji transfer verimliliği için en etkili olacak doğrudan iletim modelini oluşturur. Ancak bu duruma ilişkin çalışmaların sayısı oldukça yetersizdir (Schmelz *et al.* 2001).

Bu çalışmada literatürde ilk kez CdSeTe QDs/BCP ortak ilişkilendirmesi ve yapının incelenmesi için çalışılmıştır. Farklı QDs ve BCP derişimleri ile elde edilen hibrit ortaklığın spektroskopik yöntemler ile analizi yapıldı. Yani hibrit ortaklığın ilk olarak absorbans ve emisyon karakterizasyonları incelenmiştir. Ayrıca, hibrit birlikteliği oluşturan QDs ve BCP'nin molekülerinin birbiri ile ilişkilerini anlamak için FT-IR çalışması gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

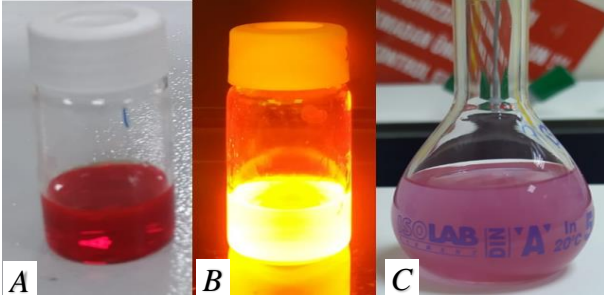
Sentezlenen CdSeTe QDs, BCP ve CdSeTe QDs/BCP hibrit ilişkisinin absorpsiyonu UV-1800 Shimadzu UV Spektrometresi kullanılarak analiz edildi. Analiz tarama aralığı 300-800 nm olarak ayarlandı. CdSeTe QDs/BCP hibrit ortak bileşiklerinin soğurma spektrumu, Tablo 1'de sergilenen çeşitli konsantrasyon bileşimleri ile çalışıldı. Emisyon analizi için FLS 1000 Edinburgh Instruments kullanıldı. Hibrit ilişki taramaları için 300-800 nm aralığında, 380 nm uyarma dalga boyu kullanılarak emisyon spektrumu çekildi. CdSeTe QDs ve Bromo Krezol moru için Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) spektrumları, ATR eklentili Shimadzu IR Prestige 21 spektrometresi ile 64 tarama üzerinden, 400-4000 nm arasında yapıldı. CdSeTe QDs metal içeriği Perkin Elmer Avio 200 ICP-OES ile analiz edildi.

Trioktilfosfin (TOP, %90), Bromo Krezol Moru (BCP, %99), Kadmiyum oksit (CdO, %99), 1-Oktadesen teknik sınıf (ODE, %90), selenyum tozu (Se, %99), 1-tetradesil fosforik asit (TDPA, %99), tellür tozu (Te, %99), Trioktilfosfin oksit (TOPO, %99) sigma aldrichden temin edilmiştir.

2.1 Sentez

Çalışmamızda, CdSeTe QDs'ler Debnath ve arkadaşları (Debnath *et al.* 2016) tarafından önerilen temel yöntem üzerinden bazı küçük değişiklikler yapılarak gerçekleştirildi. Üç boyunlu reaksiyon balonunda hazırlanan CdSeTe QDs sentezi, için kadmiyum, TOP-Se ve TOP-Te öncülleri hazırlanmıştır. İlk olarak, TOP-Se için Se (0.057 g, 0.75 mmol), ODE (3.75 ml) ve TOP (1.71 ml) karıştırıldı. Aynı zaman aralığında İkinci kısımda, TOP-Te'yi hazırlamak için Te (0.033 g, 0.255 mmol), ODE (3, 75 ml) ve TOP (1, 2 ml) ayrı bir reaksiyon balonunda hazırlandı. Bu iki karışım kademeli olarak ısıtıldı. Sıcaklık işlemi tamamlanırken kadmiyum öncüsü CdO (0.039g, 0.285 mmol), ODE (7.5ml), TOPO (3g, 6, 30 mmol) ve TDPA (0.225g, 0.81mmol) karıştırıldı. Çözelti 300°C'ye ısıtıldı. Bu karışıma sıcaklık 260°C'de sabit tutularak TOP-Se ve TOP-Te ilave edilerek 4 dakika karıştırmaya devam edildi ve soğutuldu. CdSeTe QDs'ler metanol ile yıkanarak santrifüjlendi ve kullanım için kloroform içinde saklandı. Floresan ışığı ve gün ışığında CdSeTe

QDs'lerin görüntüleri sırasıyla Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Güneş ışığı altında CdSeTe QDs (a), floresan ışığı altında CdSeTe QDs (b), kloroformda BCP çözeltisi (c).

CdSeTe QDs/BCP Hibrit Sentezi: Bromo Krezol Moru 0.270 g (0.005 mmol) ana stok olarak alınmış ve 50.0 ml kloroform ile tamamlanmıştır. Hazırlanan stok çözeltisi, Şekil 1c'de gösterilen pembe bir görünüm sergiledi. Bromo Krezol mor içeren pembe solüsyon, farklı konsantrasyonlarda 100 µl CdSeTe QDs ana stok solüsyonu ile karıştırıldı. Tüm Karışım, oda sıcaklığında 30 dakika boyunca karıştırılarak sentezlendi. Organik boyanın son konsantrasyonu yaklaşık 1.0×10^{-4} M olarak kullanılmıştır. CdSeTe QDs solüsyon konsantrasyonu İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) analizi ile hesaplanmış ve CdSeTe QDs konsantrasyonu 2.0×10^{-6} M olarak gösterildi.

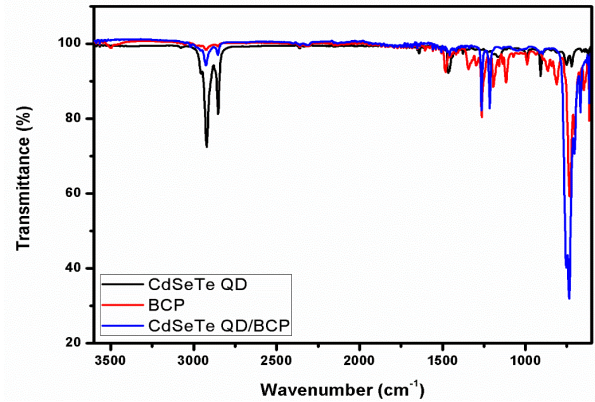
Çizelge 1. CdSeTeQDs:BCP hibrit karışım oranı ve derişimleri

QDs:BCP Oran	CdSeTe QDs Derişim (M)	BCP Derişim (M)	QDs:BCP Oran	CdSeTe QDs Derişim (M)	BCP Derişim (M)
0:1	-	1.0×10^{-4}	1:0	4.0×10^{-6}	-
0.5:1	2.0×10^{-6}	1.0×10^{-4}	1:0.25	4.0×10^{-6}	2.5×10^{-5}
1:1	4.0×10^{-6}	1.0×10^{-4}	1:0.5	4.0×10^{-6}	5.0×10^{-5}
2:1	8.0×10^{-6}	1.0×10^{-4}	1:1	4.0×10^{-6}	1.0×10^{-4}
3:1	16.0×10^{-6}	1.0×10^{-4}	1:2	4.0×10^{-6}	2.0×10^{-4}
4:1	64.0×10^{-6}	1.0×10^{-4}	1:3	4.0×10^{-6}	3.0×10^{-4}

3. Sonuç ve Tartışma

Şekil 2'de gösterilen FTIR sonuçları ilk olarak Bromo Krezol moru ile CdSeTe QDs'lerin yapılarını ve bunların etkileşimlerini değerlendirmek için

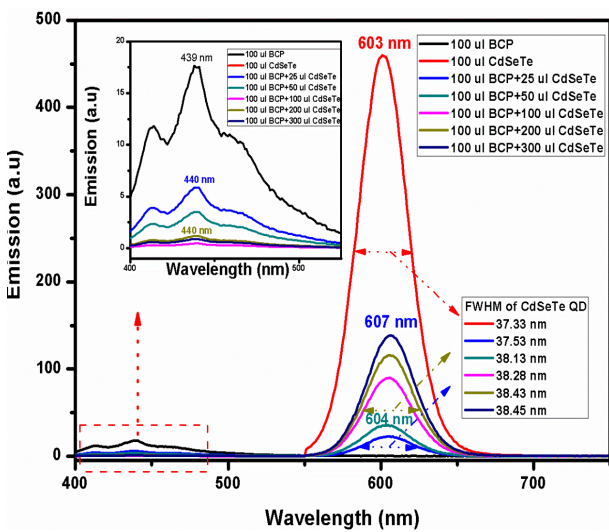
incelenmiştir. BCP'nin FTIR spektrumunda O-H gerilme ve burkulma zirveleri ve brom-karbon titreşimleri gözlemlendi. CdSeTe QDs ve BCP organik molekülü arasında hibridizasyon gerçekleşmiştir. Yeni yapının çekilen spektruma bakıldığında CdSeTe QDs'nin yüzeyindeki hidroksilin Cd^{2+} iyonları ile etkileşerek yapıya girdiğini gösterir. CdSeTe QDs/BCP'nin yapısının metilen (CH) kayma titreşimi, 1290 cm^{-1} 'de C-H salınımı ve çekme titreşimi ile ilişkilidir. Ayrıca yapıdaki brom ile CdSeTe QD'lerin en dış çekirdeğindeki Cd^{2+} 'lerin arasında 750 cm^{-1} ve 755 cm^{-1} 'de ki pik değişimi ile yapıldığı doğruladı. 1225 cm^{-1} civarında yükselen piklerin CdSeTe QDs yapısının Bromo Krezol mor yapısındaki S-O gerilme titreşimi ve S=O simetrik gerilme titreşimleri arttığı gözlemlendi. Bu tahminler, hibrit ortağın etkileşimini açıklanması yardımcı oldu. (Elibol vd. 2021).



Şekil 2. CdSeTe QDs:BCP (1:1) hibrit yapının FT-IR spektrumu.

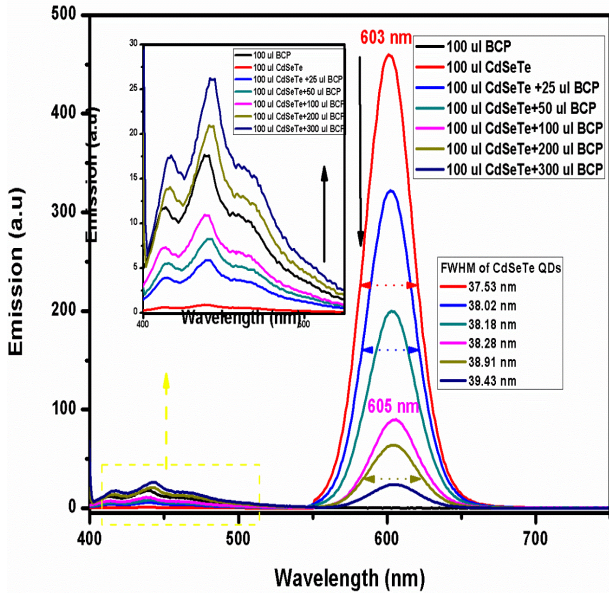
Emisyon karakterizasyonları ise iki aşama olarak incelenmiştir. İlk aşamada, CdSeTe QDs/BCP hibrit ilişkisinde organik boya (BCP) konsantrasyonu sabit tutulur ve CdSeTe QDs konsantrasyonu ise artırılır. Bu şekilde hibrit ilişkide QDs miktarındaki artışın emisyon karakterizasyonları üzerindeki etkileri incelenmiştir. İkinci aşamada ise, bu sefer, BCP miktarı artırılırken hibrit ortaktaki QDs'lerin konsantrasyonu sabit tutuldu. Böylece bileşenlerin karışım oranları daha farklı ölçekte değerlendirilirken QDs/BCP doyma noktalarının belirlenmesi sağlandı. Bu nedenle öncelikle BCP boya konsantrasyonunun sabit tutulduğu hibrit ortakların emisyon karakterizasyon analizleri yapılmıştır. CdSeTe QDs/BCP yapısının emisyon sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Çalışmada

sentezlenen CdSeTe QDs ve BCP boyalarının karışım sağlanmadan emisyonları ölçülmüştür. Emisyon karakterizasyon sonuçları, QDs'lerin emisyon tepe noktalarının 603 nm' de olduğunu, BCP'nin emisyon tepe noktasının ise 439 nm' de belirlenmiştir. Ek olarak, aynı derişimdeki CdSeTe QDs'lerin BCP'ye kıyasla çok yüksek floresans sergilediği bulundu. QDs'lerin yüksek floresans özellikleri sergiledikleri zaten literatürde bilinmektedir (Elibol 2020). Çalışmanın 100 µl BCP'ye 25 µl-300 µl CdSeTe QDs'nin eklendiği kısım olarak incelendiğinde; literatüre göre CdSeTe QDs'lerin piklerinde eklenen QDs miktarıyla orantılı bir artış tespit edildi (Amelia *et al.* 2012). Kloroformda 603 nm'lik bir tepe yayan CdSeTe QDs'ler, BCP ile karıştırıldı ve emisyon tepe noktalarında kırmızıya kayma gözlemlendi. En belirgin olarak ise 100 µl BCP / 300 µl CdSeTe QDs hibrit ortaklarının emisyon zirveleri yaklaşık 4 nm kırmızıya kaymıştır. Benzer şekilde, QDs'lerin BCP ile karıştırılması nedeniyle, ortak yapıda 603 nm'de pikin FWHM değerinde bir artış tespit edildi (Elibol ve Tutkun 2019). Bu boyut dağılımında değişiklikler olduğunu gösterir ve FT-IR analizi ile elde edilen sonuçlarla uyumludur. Emisyon incelemesinde BCP kaynaklı pikler dikkate alındığında; QDs miktarındaki artış, tepe noktasının 1 nm kadar kırmızıya kaymasına neden oldu. Ancak, pik uzunluklarında artan QD ile minimal artışlar gözlemlendi (Rakovich *et al.* 2010).



Şekil 3. BCP konsantrasyonunun sabit olduğu farklı QD/BCP oranlarında onarılan hibrit ortaklar için emisyon spektrumları.

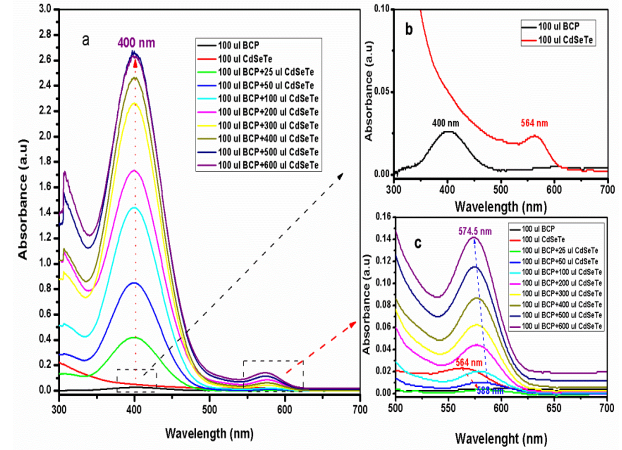
Emisyon karakterizasyon ölçümlerinin ikinci aşamasında ise, bu sefer BCP miktarı artırılırken hibrit ortaktaki CdSeTe QDs'lerin miktarı sabit tutuldu. Sabit miktarda QDs ile hazırlanan hibrit ortak için emisyon spektrumları Şekil 4'te gösterilmektedir. CdSeTe QDs ve BCP'nin kloroformdaki emisyon zirveleri de bu grafikte sırasıyla 603 nm ve 410 nm olarak gösterilmektedir. CdSeTe QDs / BCP hibrit ilişkisine eklenen BCP miktarındaki artışla birlikte, CdSeTe QDs'nin emisyon zirvesinde de bir miktar kırmızıya kayma tespit edildi. Ayrıca BCP miktarındaki artışla birlikte QDs'nin emisyon tepe noktasının FWHM değeri önemli ölçüde artmıştır. Böylece 37.53 nm olan FWHM miktarı 300 µl BCP ilavesiyle 39.43 nm'ye genişlemiştir. Şekil 3 ve Şekil 4'teki FWHM değerleri karşılaştırıldığında, hibrit ilişkide QDs miktarındaki azalmanın FWHM miktarında bir artışa neden olduğu açıkça görülmektedir. Bu, düşük QDs konsantrasyonunun BCP ile daha fazla etkileşime girdiğini gösterir. Buna karşılık, Şekil 4'te elde edilen en temel sonuç, BCP miktarındaki bir artışla CdSeTe QDs'nin lüminesansında meydana gelen söndürmedir. CdSeTe QDs'nin lüminesans, 300 µl BCP ilavesiyle 19 kat azaldı. Bu, QDs'nin hibrit ortakta donör rolünü üstlendiğinin bir göstergesidir (Clapp *et al.* 2004). Benzer şekilde, 410 nm'de BCP'nin tepe uzunluğundaki BCP miktarındaki artışla orantılı olarak bir artış gözlemlendi. Bu, CdSeTe QDs / BCP hibrit ilişkilendirmesinde, BCP'nin lüminesans özelliğinin arttığını ve BCP'nin bariz bir alıcı olarak çalıştığını göstermektedir (Rakovich *et al.* 2010). Literatürde lüminesansın sönmenin iki ana nedeni vardır. Bunlar Forster rezonans enerji transferi (FRET) veya yük transferidir. CdSeTe QDs / BCP hibrit ilişkisinde durum, QDs'nin lüminesansının azalması, ancak BCP'nin parlaklığının artması FRET mekanizmasının varlığını gösterir (Smirnov *et al.* 2018).



Şekil 4. CdSeTe QD konsantrasyonunun sabit olduğu farklı CdSeTe QDs/BCP oranlarında hazırlanan hibrit ortaklar için emisyon spektrumları.

Çalışmanın bu aşamasında, CdSeTe QDs/BCP hibrit ortaklarının soğurma (absorpsiyon) özellikleri incelenmiştir. Soğurma çalışması emisyon karakterizasyonunda olduğu gibi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birincil olarak absorpsiyon çalışmalarında hibrit ilişkideki BCP miktarı sabit tutulurken, CdSeTe QDs'lerin konsantrasyonları artırılır. Elde edilen soğurma spektrumları Şekil 5'de verilmiştir. Hibrit yapının oluşumunda kullanılan CdSeTe QDs'lerin başlangıç spektrumunda bilindiği gibi absorpsiyon piki 564 nm olarak bulunmuştur. Diğer bir giriş maddesi olan Bromo Krezol Mor için soğurma 400 nm olarak belirlendi. Hibridizasyon işleminden sonra alınan soğurma spektrumları dikkate alındığında, BCP pikleri önemli ölçüde artmıştır (Şekil 5a). BCP'nin kloroformdaki soğurma pik uzunluğu 0.025 iken, soğurma piki CdSeTe QDs'lerin eklenmesiyle 107.2 kat artarak 2.68'e yükselmiştir. BCP'nin 400 nm zirvesindeki artış devam etti ve 100 µl BCP'ye 400 µl CdSeTe QDs eklenene kadar maksimuma ulaştı. 500 µl CdSeTe QDs'nin eklenmesi, doymuş hibrit ilişkisinde kayda değerden daha fazla artışa neden olmadı. Şekil 5b'de görüldüğü gibi, kloroformdaki CdSeTe QDs'nin soğurma zirvesi 564 nm'de görüldü (Elibol 2020). CdSeTe QDs'nin BCP'ye eklenmesiyle, soğurma piki önce kırmızıya kaymıştır (Şekil 5c). Ancak, hibrit

ilişkiye eklenen QDs miktarının artmasıyla, soğurma pikinde tekrar maviye kayma gözlemlendi. Emici pik boyutları, beklendiği gibi artan QDs konsantrasyonu ile artmıştır. QDs'nin soğurma zirvesinde meydana gelen bu kaymaların küçük boyutunun, temel kimyada hiçbir değişiklik olmamasına rağmen, BCP ile elektrokimyasal etkileşimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Rakovich *et al.* 2010).

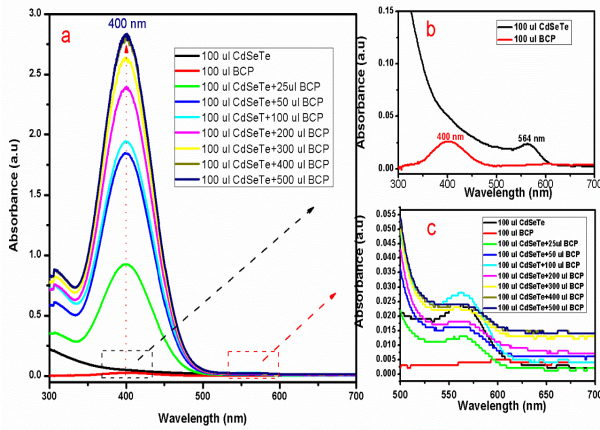


Şekil 5. CdSeTe QDs'nin soğurma spektrumları: (BCP konsantrasyonunun sabit)

Çalışmanın ikinci adımında, CdSeTe QDs'lerin konsantrasyonu sabit tutulmuştur. Bromo krezol mor boya oranları değiştirilerek incelenmiştir. CdSeTe QD/BCP Hibrit ilişkisinin soğurma spektrumları Şekil 6'de verilmiştir. Başlangıç malzemelerinin emicileri şekilde çok küçük olduğundan, değerler grafikte ayrı olarak gösterilmiştir (Şekil 6b ve Şekil 6c). Şekil 6 incelendiğinde QDs'ye ait karakteristik pikin 564 nm'de yer aldığı görülmektedir. Hibrit ortaktaki BCP miktarı arttırıldığında, BCP'nin soğurma tepesi uzunluğu doğru orantılı olarak artmaya başlamıştır. BCP'nin soğurma pik uzunluğu başlangıçta 0.025 iken, hibrit ortaktaki BCP miktarındaki artış, soğurma pik boyutunda artmaya başlamıştır. Öyle ki sadece 25 µl BCP ve 100 µl CdSeTe QD karıştırılarak soğurma piki 32.4 kat artarak 0.81'e kadar çıkmıştır. En fazla ise soğurma tepesi yüksekliği 1.78'e yükseltildi. 100 µl CdSeTe QDs'lere eklenen BCP miktarı 400 µl iken, BCP'nin 400 nm'de soğurma zirvesinin uzunluğu 2.82'ye yükseldi. Bu durumda soğurma pikindeki artış 112.8 kattır. Bu artışın nedeninin, BCP yapısındaki Br ile etkileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Örnek olarak

kuantum noktalarının çeşitli halojenler ile etkileşiminden kaynaklanan verim artışları örnek olarak gösterilebilir.

İki aşamalı çalışmanın toplam verileri incelendiğinde literatürde olduğu gibi soğurma artışı sonucuna ulaşılmıştır (Orlova *et al.* 2008). CdSeTe QDs'ler ve BCP boyalarının etkileşiminde önemli bir artış gözlemlendi Şekil 6'de görüldüğü gibi, BCP miktarındaki artış, CdSeTe QDs'lerin soğurma zirvesinde herhangi bir değişikliğe neden olmadı.



Şekil 6. CdSeTe QD konsantrasyonunun sabit olduğu CdSeTe QD/ BCP farklı oranlarının absorbans spektrumları.

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmada literatürde ilk kez CdSeTe QD/BCP hibrit ilişkisinin spektroskopik analizi yapılmıştır. Hibrit ortaklar oluşturulurken sırasıyla CdSeTe QDs konsantrasyonları ve BCP konsantrasyonları sabit tutulmuş ve diğer bileşenin artışının absorbans ve emisyon karakterizasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma ile iki ana sonuca varılmıştır; CdSeTe QDs / BCP'de etkili olan FRET mekanizması ve CdSeTe QDs'nin eklenmesi ile BCP'nin absorbans zirvesindeki muazzam artış sonuç olarak ortaya çıkmıştır. Ek olarak, BCP'nin eklenmesi, CdSeTe QDs'lerin lüminesansında sönmeye neden olmuş ve lüminesans zirvesini 19 kata kadar azaldığı gözlemlenmiştir. Bu, bu hibrit ortak yapının özellikle biyosensör ve güneş enerjisi sistemlerinde kullanılabilirliğini öngörülmektedir. Öte yandan, BCP'ye eklenen CdSeTe QDs'ler, BCP'nin absorbans zirvesini 112.8 kat artırır. Bu da ana kullanım alanı olan giyim sektöründe boyama kalitesi ve anti

bakteriyel özelliklerini kullanarak yeni tip kumaş boyaları yaratmayı vaat etmektedir.

5. Kaynaklar

- Algar, W. R., Tavares, A. J., & Krull, U. J., 2010. Beyond labels: A review of the application of quantum dots as integrated components of assays, bioprobes, and biosensors utilizing optical transduction. *Analytica Chimica Acta*, **673**, 1–25.
- Amelia, M., Lincheneau, C., Silvi, S., and Credi, A., 2012. Electrochemical properties of CdSe and CdTe quantum dots. *Chemical Society Reviews*, **41**, 5728.
- Cao, S., and Yu, J., 2016. Carbon-based H₂-production photocatalytic materials. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, **27**, 72–99.
- Chien, Y.-H., Huang, C.-C., Wang, S.-W., and Yeh, C.-S., 2011. Synthesis of nanoparticles: sunlight formation of gold nanodecahedra for ultra-sensitive lead-ion detection. *Green Chemistry*, **13**(5), 1162. <https://doi.org/10.1039/c0gc00915f>
- Clapp, A. R., Medintz, I. L., Mauro, J. M., Fisher, B. R., Bawendi, M. G., and Mattoussi, H., 2004. Fluorescence Resonance Energy Transfer Between Quantum Dot Donors and Dye-Labeled Protein Acceptors. *Journal of the American Chemical Society*, **126**(1), 301–310.
- Colpini, L. M. S., Alves, H. J., Santos, O. A. A. Dos, and Costa, C. M. M., 2008. Discoloration and degradation of textile dye aqueous solutions with titanium oxide catalysts obtained by the sol-gel method. *Dyes and Pigments*, **76**(2), 525–529.
- Debnath, T., Maiti, S., and Ghosh, H. N., 2016. Unusually Slow Electron Cooling to Charge-Transfer State in Gradient CdTeSe Alloy Nanocrystals Mediated through Mn Atom. *Journal of Physical Chemistry Letters*, **7**, 1359–1367
- Dumas, E., Gao, C., Suffern, D., Bradforth, S. E., Dimitrijevic, N. M., and Nadeau, J. L., 2010. Interfacial Charge Transfer between CdTe Quantum Dots and Gram Negative Vs Gram Positive Bacteria. *Environmental Science & Technology*, **44**(4), 1464–1470.

- Elibol, E., 2020. Synthesis of near unity photoluminescence CdSeTe alloyed Quantum Dots. *Journal of Alloys and Compounds*, **817**, 152726.
- Elibol, E., and Demirci, T., 2020. An Investigation The Spectroscopic Characterization Of Alloy Cdsete Quantumdots/ Bromophenol Blue Hybrid Associates. *Sakarya University Journal of Science*, **25**, 200-211.
- Elibol, E., and Tutkun, N., 2019. Improving CdTe QDSSC's performance by Cannula synthesis method of CdTe QD. *Materials Science in Semiconductor Processing*, **93**, 304-316.
- Gupta, S. K., Singh, D. P., Tripathi, P. K., Manohar, R., Varia, M., Sagar, L. K., and Kumar, S., 2013. CdSe quantum dot-dispersed DOBAMBC: an electro-optical study. *Liquid Crystals*, **40(4)**, 528-533.
- Hill, P. G., and Wells, T. N. C., 1983. Bromocresol Purple and the Measurement of Albumin: Falsely High Plasma Albumin Concentrations Eliminated by Increased Reagent Ionic Strength. *Annals of Clinical Biochemistry: An International Journal of Biochemistry and Laboratory Medicine*, **20(5)**, 264-270.
- Jamieson, T., Bakhshi, R., Petrova, D., Pocock, R., Imani, M., and Seifalian, A. M., 2007. Biological applications of quantum dots. *Biomaterials*, **28(31)**, 4717-4732.
- Kang, T., Um, K., Park, J., Chang, H., Lee, D. C., Kim, C.-K., and Lee, K., 2016. Minimizing the fluorescence quenching caused by uncontrolled aggregation of CdSe/CdS core/shell quantum dots for biosensor applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, **222**, 871-878.
- Klude, M., Passow, T., Heinke, H., and Hommel, D., 2002. Electro-Optical Characterization of CdSe Quantum Dot Laser Diodes. *Physica Status Solidi (B)*, **229**, 1029-1032.
- Kurzweilová, H., and Sigler, K., 1993. Fluorescent staining with bromocresol purple: A rapid method for determining yeast cell dead count developed as an assay of killer toxin activity. *Yeast*, **9**, 1207-1211.
- Lesiak, A., Drzozga, K., Cabaj, J., Bański, M., Malecha, K., and Podhorodecki, A., 2019. Optical Sensors Based on II-VI Quantum Dots. *Nanomaterials*, **9**, 192.
- Orlova, A. O., Maslov, V. G., Baranov, A. V., Gounko, I., and Byrne, S., 2008. Spectral-luminescence study of the formation of QD-sulfophthalocyanine molecule complexes in an aqueous solution. *Optics and Spectroscopy*, **105**, 726-731.
- Rakovich, A., Rakovich, T., Kelly, V., Lesnyak, V., Eychmüller, A., Rakovich, Y. P., and Donegan, J. F., 2010. Photosensitizer Methylene Blue-Semiconductor Nanocrystals Hybrid System for Photodynamic Therapy. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **10(4)**, 2656-2662.
- Razmi, H., and Mohammad-Rezaei, R., 2013. Graphene quantum dots as a new substrate for immobilization and direct electrochemistry of glucose oxidase: Application to sensitive glucose determination. *Biosensors and Bioelectronics*, **41**, 498-504.
- Resch-Genger, U., Grabolle, M., Cavaliere-Jaricot, S., Nitschke, R., and Nann, T., 2008. Quantum dots versus organic dyes as fluorescent labels. *Nature Methods*, **5(9)**, 763-775.
- Schmelz, O., Mews, A., Basché, T., Herrmann, A., and Müllen, K., 2001. Supramolecular Complexes from CdSe Nanocrystals and Organic Fluorophors. *Langmuir*, **17**, 2861-2865.
- Shi, L., Rosenzweig, N., & Rosenzweig, Z., 2007. Luminescent Quantum Dots Fluorescence Resonance Energy Transfer-Based Probes for Enzymatic Activity and Enzyme Inhibitors. *Analytical Chemistry*, **79**, 208-214.
- Smirnov, M. S., Ovchinnikov, O. V., Taidakov, I. V., Ambrozevich, S. A., Vitukhnovskii, A. G., Zvyagin, A. I., and Uskov, G. K., 2018. Luminescent Properties of Hybrid Nanostructures Based on Quantum Dots of CdS, Europium 1,3-Diketonate, and Methylene Blue Molecules. *Optics and Spectroscopy*, **125**, 249-255.
- Snee, P. T., Somers, R. C., Nair, G., Zimmer, J. P., Bawendi, M. G., and Nocera, D. G., 2006. A Ratiometric CdSe/ZnS Nanocrystal pH Sensor. *Journal of the American Chemical Society*, **128**, 13320-13321.
- Süslü, İ., and Tamer, A., 2002. Spectrophotometric determination of enoxacin as ion-pairs with bromophenol blue and bromocresol purple in bulk

and pharmaceutical dosage form. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, **29**, 545-554.

Yao, W., and Byrne, R. H., 2001. Spectrophotometric Determination of Freshwater pH Using Bromocresol Purple and Phenol Red. *Environmental Science & Technology*, **35**, 1197-1201.