

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

#### PROJE DETAY RAPORU

**PROJE ADI:** Algılama, Adsorbsiyon Ve Görüntüleme Sistemleri İçin Ötektik Çözücü Ortamında Çok İşlevli Nitrojen-Karbon Katkılı NCQdot Noktacıkların Sentezi

**TAKIM ADI:** Qdotizm

**BAŞVURU ID:** 327352

## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Günümüzde floresans araç gereçler kimya, biyoloji ve çevre bilimlerine ölçüm ve raporlama alanlarında önemli bir katkı sağlamaktadır. Metal iyonlara karşı cevap veren kimyasal sensörler, metal iyonlarının basit yöntemlerle sürekli takibi hakkında biyoloji, toksikolojik ve çevresel bilimleri ilgilendiren olumlu veriler artan ilgiyi, bazı ağır metal iyonlarının tespiti için pratik, hızlı ve duyarlı bir yöntem bulmak üzerine odakladı. Biz de çalışmamızda metal iyonu tespiti için etkili bir kuantum noktacık sentezlemeyi amaçladık. Bunun için hidrojen verici olarak anhidrit (maleik anhidrit), hidrojen alıcı olarak trietanolamin kullanarak kuantum noktacıklarımızı oluşturduk. Kuantum noktacık sentezinde ötektik çözücü olarak ½ mol oranında kolin klorür/sitrik asit çözeltisi, selüloz kaynağı olarak ağustos ayında taze sürgün olarak çıkan, toplanmış, kurutulmuş ve toz haline getirilmiş ceviz yapraklarını ( juglon kaynağı) ilave edip hidrotermal reaktör içerisinde 220 oC'de 8 saat hidrotermal reaksiyonlarını gerçekleştirdik. Hidrotermal reaksiyonlar sonucu elde ettiğimiz NCQdot noktacıklarımızın tanınmasına yönelik çeşitli karakterizasyon işlemlerini gerçekleştirdik.

Sentezlemiş olduğumuz NCQdot sıvısının gümüş iyonu (Ag<sup>+</sup>) ile etkileşimi ve sönümlenme çalışmalarını 100----0,390625 ppm aralığındaki çözeltiler ile zamana karşı test ettik. Gümüş iyonları bağlanması çalışmalarını eşit hacimde AgNO<sub>3</sub> çözeltisi ile farklı yüzde değerlerine NCQdot çözeltileri karıştırıldı.5- 10-60 ve 180. dakikalarda 360 nm de Uv-vis spektrofotometrede gümüş iyonu tespiti ve tayini yapıldı. Ortamda kalan miktarlar belirlendikten sonra bağlanan Ag iyonları miktarı ve bağlanma verimleri hesaplandı.

Kuantum noktacıklarımız normalde UV ışık altında floresan etkiye sahipken gümüş iyonu çözeltisi eklendiğinde floresan özelliğini kaybederek sönümlendiğini gözlemledik. Ortamdaki gümüş iyonu fark edilmediğinde çevre için büyük tehlike arz eder. Sentezlemiş olduğumuz NCQdot'lar gümüş iyonu (Ag<sup>+</sup>) tespitinde hızlı, pratik ve doğruluğu yüksek bir materyal olarak kullanılabilir.

## 2. Problem/Sorun:

Ağır metal iyonlarının toksisitesi, biyoyararlanımı ve partikül madde ve tortu birikiminin, toplam konsantrasyonlarından ziyade aktivitelerine güçlü bir şekilde bağlı olduğu iyi bilinmektedir. Bu nedenle sulu sistemlerde bu katyonların aktivite ölçümleri çevresel açıdan hayati önem taşımaktadır. Aşırı gümüş iyonu alımı, ciltte ve gözlerde uzun süreli çözünmeyen çökeltilerin birikmesine neden olabilir.

Gümüş bileşiklerinin ve gümüş içeren materyallerin artan kullanımı endüstri ve tıptaki müstahzarlar, çevresel numunelerin gümüş içeriğinin artmasına neden olur. Gümüş de endüstriyel sularla çevreye girer çünkü sıklıkla bakır, çinko, arsenik ve antimon cevherlerinde safsızlık olarak bulunur. Bu yüzden tespiti ile ortamdan uzaklaştırılması çevre için öneme sahiptir.

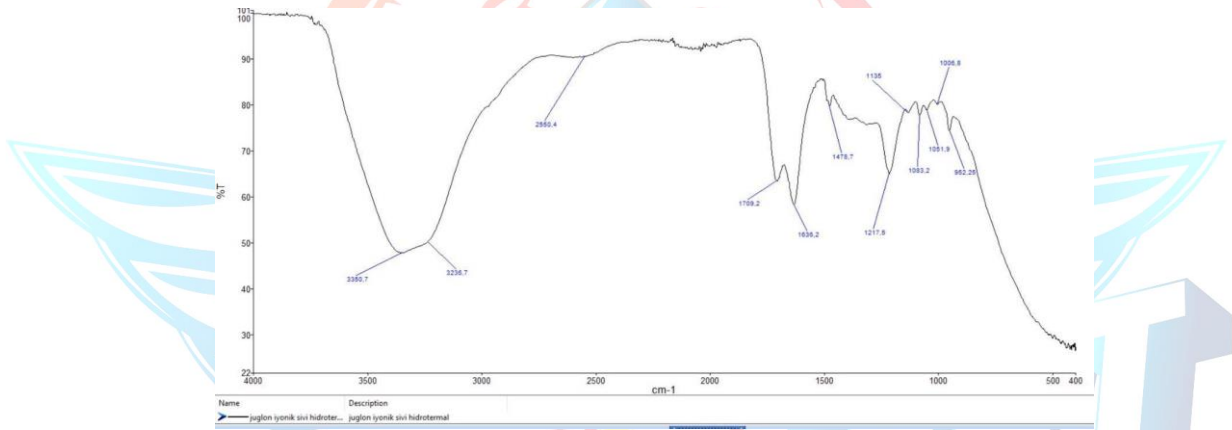
## 3. Çözüm

Bu çalışmada su kaynaklarındaki önemli kirleticilerden olan gümüş iyonlarının hızlı pratik ve duyarlı tespiti için çevre üzerinde minimum zarara sahip kuantum noktacık temelli floresans nanomalzemelerin sentezi ve atık malzemelerinin işlevselleştirilerek parmak izi tespitinde ikincil ürün olarak kullanım olanakları ile çözümlenmiştir.

## 4. Yöntem

### a. Choline Chloride / Sitrik Asit Derin Ötektik Sıvısının (DES) Hazırlanması

Derin ötektik çözücü hazırlanırken Kolin klorür/ Sitrik asit mol oranı 1 / 2 olacak şekilde ayarlandı. Kimyasalların toplam mol oranı 0,01 mol şeklinde belirlendi ve kullanılacak maddeler bu mol oranına göre hesaplandı. Kolin klorürden **1,395 g**, sitrik asitten ise **4,04 g** alınarak kullanıldı. Katı halde alınan kimyasallar manyetik karıştırıcı üzerinde 60 °C’de 10 dakika karıştırıldı. Karışım miktarının %10’unu olacak şekilde (**0,5435 g**) juglon ve selüloz kaynağı olarak ağustos ayında taze sürgün olarak çıkan, toplanmış, kurutulmuş ve blenderden geçirilerek toz haline getirilmiş ceviz yaprakları kullanıldı. Özellikle Ağustos ayında yeni sürgün olarak çıkan yapraklar tercih edildi. Selüloz kaynağı ortama ilave edildikten sonra 100 °C’de 3 saat daha karıştırılmaya devam edildi. DES içerisindeki selüloz oranı toplam madde miktarının %10 ‘u olacak şekilde belirlendi. 3 saatin sonunda çözelti karışım soğutuldu, süzülde. Süzüntü ağzı kapalı numune şişelerine alınarak +4 °C’de kullanılıncaya kadar saklandı.



Şekil 1: Hidrotermal yöntemle hazırlana DES’e ait FT-IR görüntüsü

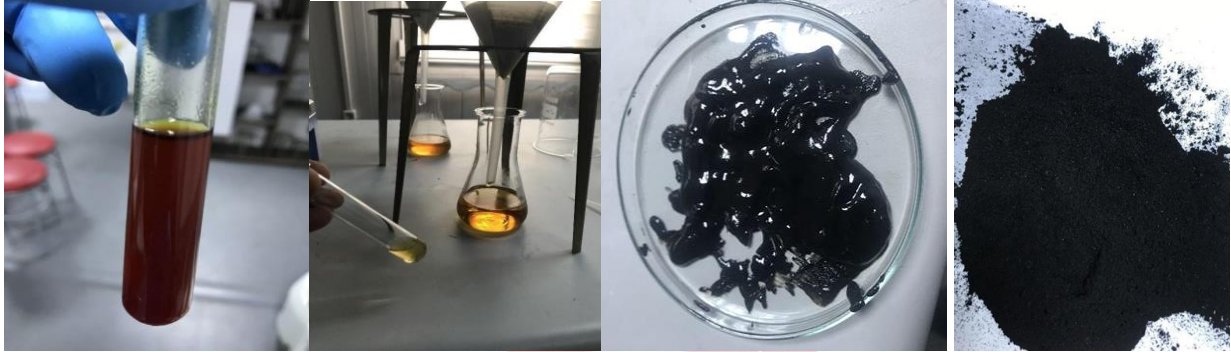
### b. Choline Chloride/Sitrik Asit/Juglon/Maleik Anhidrit/Trietanolamin NCQdot malzemelerin sentezi

NCQdot malzemelerin sentezi yapılırken iki farklı cam reaktörde Choline Chloride / Sitrik Asit /Juglon ve Maleik Anhidrit / Trietanol Amin/ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ayrı ayrı hazırlandı.

0,5 g Maleik anhidrit, 10 ml Trietanol amin, 10 ml 0,5M’lık H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 10 ml saf su cam beher içerisinde manyetik karıştırıcı üzerinde 60 °C’de 30 dakika karıştırıldı.

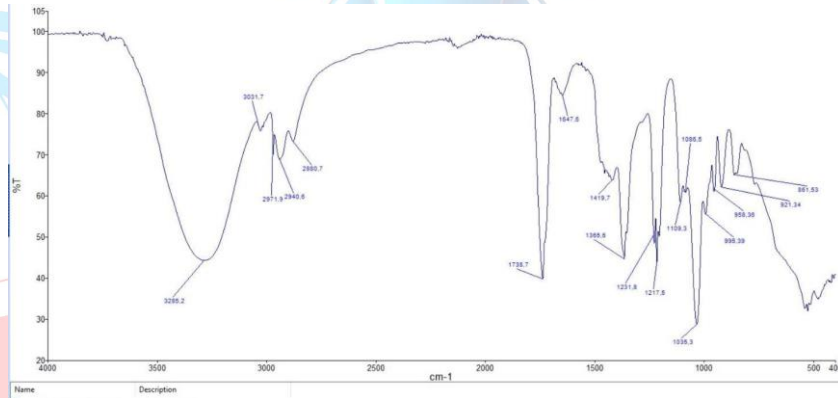
Derin ötektik çözücü hazırlanırken, kolin klorürden **1,395 g**, sitrik asitten ise **4,04 g** alınarak kullanıldı. Katı kimyasalların sıvı hale geçmesi için 60 °C’de 30 dakika karıştırıldı. Daha sonra üzerine **0,5435 g** karbon ve juglon kaynağı olarak öğütülmüş ceviz yaprakları ilave edildi. Sıcaklık 100 °C’ye çıkarılarak 3 saat daha karıştırılmaya devam edildi. 3 saat sonunda diğer reaktörde hazırlanmış olan Maleik Anhidrit / Trietanol Amin/ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilerek ultrasonic su banyosu içerisinde 15 dakika homojenize edildi. Homojenize edilen karışım hidrotermal reaktörün teflon haznesine aktarıldı ve dökülmemesi için yine teflon kapakla kapatıldı. Teflon ünite çelik hazne içerisine yerleştirildi, ağzı sıkıca kapatıldı. Hidrotermal reaktöre yerleştirilen malzemeler elektron transferinin gerçekleşmesi ve floresans etkiye sahip ürünlere dönüşebilmesi adına 220 °C’de 8 saat boyunca etüvde reaksiyona sokuldu.

8 saat sonunda etüv ortamında reaktörün yavaş yavaş soğuması sağlandıktan sonra reaktör açıldı, içerisindeki karışım cam bir behere aktarıldı. Beher içerisindeki malzememizin üzerine 100 ml saf su ilave edilerek iyice karıştırıldı. Ultrasonic su banyosunda ultrasoniklenerek kalıntı üzerinde NCQdot malzemelerin ayrılmasına çalışıldı.



Reaktörden alınarak üzerine 100 ml saf su eklenen çözelti mavi filtre kâğıdından süzüldü. Kalıntı kurutulmak üzere petri kabına aktarıldı ve 70 °C'lik etüvde kurumaya bırakıldı. Kurutulan kalıntı daha sonra parmak izi tayininde kullanılmak üzere saklandı.

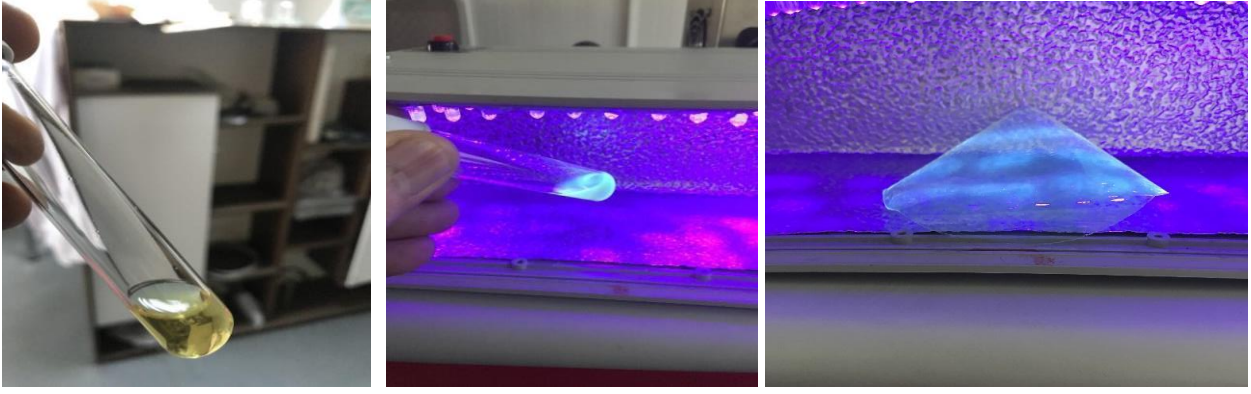
Mavi filtre kağıdıyla ayrılan NCQdot süzüntüsü 0,45 µm'lik Hydrophobic PTFE filtreden geçirilerek mümkün olduğunca saflaştırıldı. Elde edilen süzüntü 0,5M'lık H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kullanılarak nötral pH'a ayarlandı.



Şekil 2: Hidrotermal yöntemle hazırlana NCQdot Noktacıklara ait FT-IR görüntüsü

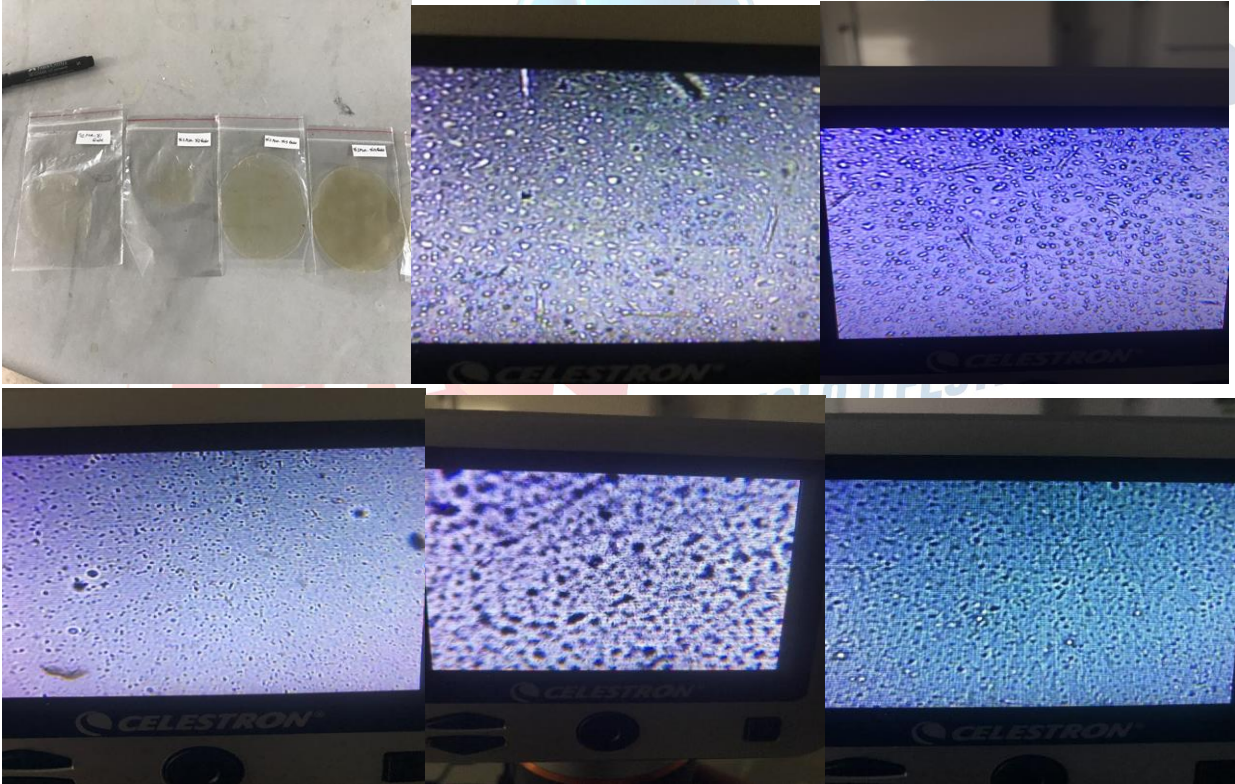
### c. Sentezi Yapılan NCQdot Noktacıkların Floresans Etkilerinin Test Edilmesi

Hidrotermal yöntemle sentezlenen NCQdot noktacıkların floresan etkiye sahip olmadıklarını test etmek amacıyla elde ettiğimiz süzüntü 1/10 oranında seyreltilerek cam numune tüplerine alındı. Karanlık ortamda UV led lamba altında görüntülerine bakıldı.



Sentezlenmiş olan NCQdot noktacıkların floresan etkiye sahip oldukları mavi-turkuaz renginden anlaşılmaktadır. Ayrıca sentezlenmiş NCQdot noktacıkların floresan etkiye farklı ortamlarda da sahip olmadıklarını test etmek amacıyla %2'lik PVA çözeltisi hazırlanmıştır. PVA çözücüsü hazırlanırken 10 ml seyreltilmiş NCQdot noktacıkların sıvısı 90 ml saf suyla 100 ml'ye tamamlanmış ve 2 gram PVA eklenerek %2'lik PVA çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan %2'lik PVA çözeltisi petri kabına dökülerek kurutulmuş, diski kaldırılmış ve UV led lamba altında teste tabi tutulmuştur.

Hazırlanan PVA disklerinin de turkuaz renginde olması NCQdot noktacıklarımızın floresans etkilerinin devam ettiğinin göstergesidir. Ayrıca hazırlanan PVA disklerimizden rastgele kesitler alınarak mikroskop altında incelemeleri yapılmıştır. Mikroskop altında NCQdot noktacıklarımızın görüntüleri alınmıştır.



Ayrıca sentezlemiş olduğumuz NCQdot noktacıklarımızın görüntülenmesi için lazerle Tyndall görüntülenmesi de yapılmıştır.



#### d. Sentezi Yapılan NCQdot Noktacık Kalıntılarının Parmak İzi Tayininde Kullanılması

Kuantum noktacıkların sentezinde karbon kaynağı olarak selüloz temelli ürünlerin kullanılması önemlidir. Bizde çalışmamızda ikincil amacımıza yönelik olması için selüloz kaynağı olarak ceviz yaprakları kullandık. Kullanacağımız ceviz yaprakları zamanını özellikle takip ederek taze sürgünlerde Juglon oranının en yüksek olacağı Ağustos ayında ceviz yapraklarımızı topladık. Herhangi bir ısıtıcı kaynağı kullanmadan gölgede kuruttuk, öğüterek toz haline getirdik. Emniyet ve adli kimyada parmak izi tayininde ninhidrin içerikli kısmen zararlı tozlar kullanılmaktadır. Çalışmamızda NCQ dot noktacık sentezi kalıntılarının parmak izi tayininde kullanılabilirliğini test etmek istedik.



#### e. Sentezi Yapılan NCQdot Noktacıkların Çözelti Ortamında İletkenlik Değerlerinin Tespit Edilmesi

Sentezini gerçekleştirmiş olduğumuz NCQdot Noktacıkların iletkenlik ölçümlerini XS PC8 pH/mV/Cond/ Temp cihazıyla yaptık. Seyreltme sıvısı olarak kullandığımız saf suyun iletkenlik değeri  $6,73 \mu\text{s/cm}$  iken; sentezi gerçekleştirilen NCQdot Noktacıkların iletkenlik değeri  $25800 \mu\text{s/cm}$  ( $25,8 \text{ ms/cm}$ ) şeklinde çıkmıştır. Değişik yüzdelerde hazırlanan çözeltilerimizin değerleri ölçülmüş ve grafikleri çizilmiştir. Sentezini gerçekleştirmiş olduğumuz NCQdot Noktacıkların sıvı ortam iletkenlik değerleri çok yüksektir. İletkenlik gerektiren çalışmalarda rahatlıkla kullanılabileceği düşünülmektedir.

% Derişim	İletkenlik değeri
Saf Su	$6,73 \mu\text{s/cm}$
Başlangıç Q-Dot çözeltisi	$25800 \mu\text{s/cm}$ ( $25,8 \text{ ms/cm}$ )
% 1 'lik Q-Dot çözeltisi	$805 \mu\text{s/cm}$
% 2 'lik Q-Dot çözeltisi	$1306 \mu\text{s/cm}$
% 5 'lik Q-Dot çözeltisi	$2830 \mu\text{s/cm}$ ( $2,83 \text{ ms/cm}$ )
% 10 'lik Q-Dot çözeltisi	$4680 \mu\text{s/cm}$ ( $4,68 \text{ ms/cm}$ )
% 15 'lik Q-Dot çözeltisi	$6210 \mu\text{s/cm}$ ( $6,21 \text{ ms/cm}$ )

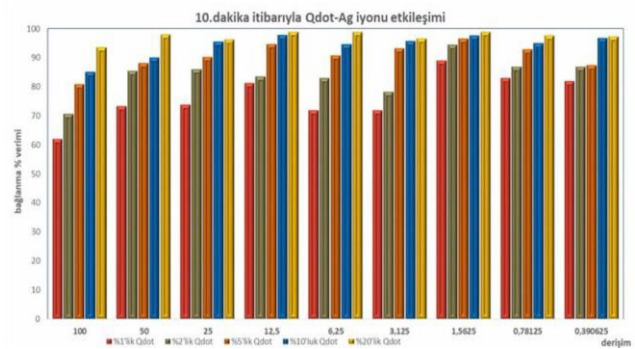
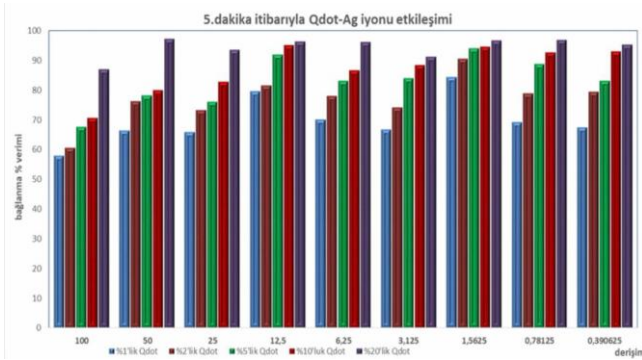
% 20 'lik Q-Dot çözeltisi	7570 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (7,57 ms/cm)	<p>Farklı %'lere sahip Q-dot çözeltilerin iletkenlik değeri</p>
---------------------------	---	---

## f. Sentezi Yapılan NCQdot Noktacıkların Çözelti ortamında Ag İyonu Tespitinde Mikrosensör Olarak Kullanılması

Sentezini gerçekleştirmiş olduğumuz NCQdot Noktacıkların sucul ortamda var olan  $\text{Ag}^+$  iyonlarının tespitinde mikrosensör olarak kullanılıp kullanılmayacağını tespit etmek amacıyla 100 ppm'den 0,390625 ppm'e kadar olan derişime sahip olan çözeltilerde Uv-vis spektrofotometre de ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla aratan zamana karşı (5 dak.-10 dak.-60 dak. ve 180 dakika sonunda) Uv-vis spektrofotometrede 360 nm'de  $\text{Ag}^+$  iyonu ölçümleri yapılmıştır. Çözelti ortamında kalan iyon miktarı tespit edilerek bağlanma yüzde verimleri hesap edilmiştir.

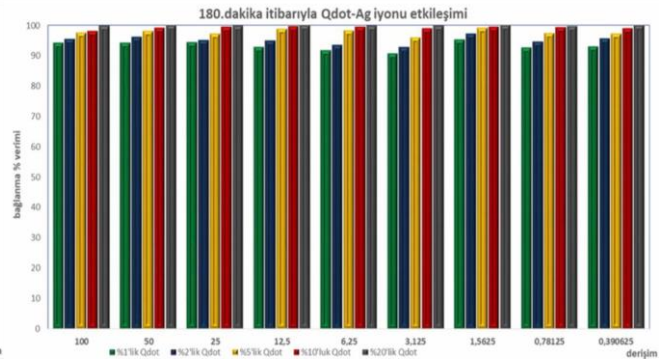
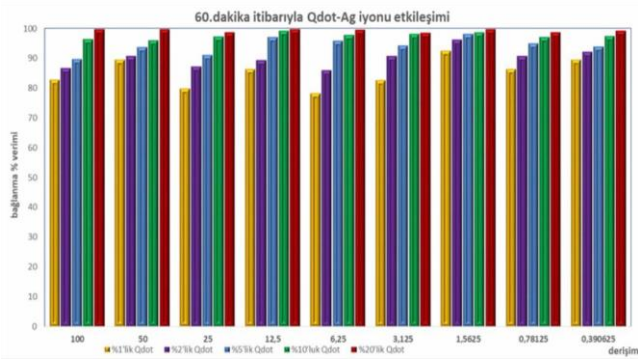
360 nm'de 0,390625 ppm $\text{AgNO}_3$ çözeltisi ile yapılan sönümleme ve bağlanma çalışmaları (% bağlanma verimi)												
Başlangıç numunesi absorpsans değeri =1,217 abs												
Numune	5.dak.			10.dak.			60.dak.			180.dak.		
	Abs	Q(kalan) ppm	%Bağlanma verimi	Abs	Q(kalan) ppm	%Bağlanma verimi	Abs	Q(kalan) ppm	%Bağlanma verimi	Abs	Q(kalan) ppm	%Bağlanma verimi
%1'lik NCQdot	0,397	0,127	67,39	0,221	0,071	81,84	0,128	0,041	89,48	0,087	0,028	92,85
%2'lik NCQdot	0,251	0,081	79,38	0,161	0,052	86,77	0,097	0,031	92,03	0,054	0,017	95,56
%5'lik NCQdot	0,207	0,067	82,99	0,154	0,049	87,35	0,074	0,024	93,92	0,036	0,012	97,04
%10'luk NCQdot	0,087	0,028	92,85	0,04	0,013	96,71	0,032	0,01	97,37	0,012	0,004	99,01
%20'lik NCQdot	0,058	0,019	95,23	0,035	0,011	97,12	0,011	0,004	99,09	0	0	100

**Örnek Tablo:**360 nm'de 0,390625 ppm  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi farklı % derişimlere sahip NCQdot noktacıklar ile artan zamana karşı sönümleme ve bağlanma çalışmaları verileri



**Grafik-1;** 5. dakika itibarıyla NCQdot noktacıklar - Ag iyonu bağlanma verim etkileşimi

**Grafik-2;** 10. dakika itibarıyla NCQdot noktacıklar - Ag iyonu bağlanma verim etkileşimi



**Grafik-3;** 60. dakika itibarıyla NCQdot noktacık **Grafik-4;**180.dakika itibarıyla NCQdot noktacık- Ag - Ag iyonu bağlanma verim etkileşimi iyonu bağlanma verim etkileşimi

Elde ettiğimiz verileri göre çözelti ortamındaki NCQdot noktacık yüzdesinin yüksek olduğu çözeltilerde bağlanma verimlerinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca bütün ortamlarda artan zamana karşı bağlanma verimlerinde çok yüksek artışların olduğu görülmektedir. Ortamda bulunan iyon miktarı çok çok küçük olsa bile (0,390625 ppm) NCQdot noktacıklarımız  $Ag^+$  iyonlarına karşı seçici davranmış 180.dakika sonunda %100 'e yakın verimler elde edilmiştir.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Kuantum noktalar(QDot) kullanım alanı çok geniş olan sıfır boyutlu nano parçacıklardır. Ekonomik değerleri çok yüksektir. Örneğin Merck firmasının sudaki %0.4 konsantrasyonlu QD ürünü 202€ fiyatla satılmaktadır. Çalışmamızda hidrotermal yöntemle algılama ve seçiciliği çok yüksek ötektik çözücü ve nitrojen-karbon kaynaklı kuantum noktacıklar sentezlenerek ülke ekonomisine yüksek katma değerli bir ürün kazandırılmıştır. Ayrıca sentez sonrası atık ürün olarak kalan tozlar parmak izi tayininde toksik etkileri olan ninhidrin boyalar yerine rahatlıkla kullanılacak malzemeler olarak sentezlenmiştir. Parmak izi tayininde kullanılabilmesi için selüloz kaynağı olarak Juglon içerikli taze sürgün ceviz yaprakları tercih edilmiştir.

## 6. Uygulanabilirlik

Elde ettiğimiz verileri göre çözelti ortamındaki NCQdot noktacık yüzdesinin yüksek olduğu çözeltilerde bağlanma verimlerinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca bütün ortamlarda artan zamana karşı bağlanma verimlerinde çok yüksek artışların olduğu görülmektedir. Ortamda bulunan iyon miktarı çok çok küçük olsa bile (0,390625 ppm) NCQdot noktacıklarımız  $Ag^+$  iyonlarına karşı seçici davranmış 180.dakika sonunda %100 'e yakın verimler elde edilmiştir. Bu sonuç bizlere sentezlemiş olduğumuz NCQdot noktacıklarımızın; algılama, görüntüleme ve adsorbsiyon için mükemmel çalışan malzemeler olduğu sonunu göstermiştir. 100 ppm'den başlanarak 0,390625 ppm'e kadar giden bütün derişimlerde mükemmel sonuçlar elde edilmiştir.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması



AYLAR										
İşin	Nisa	Mayı	Hazira	Temmu	Ağusto	Eylü	Eki	Kası	Aralı	Oca
Literatür Taraması	+	+	+	+						
Arazi Çalışması				+	+	+	+			
Verilerin Toplanması ve								+	+	
Proje Raporu Yazımı								+	+	+

ADI	GRAMAJI	FİYATI +%18 KDV (EURO)	TL KARŞILIĞI (EURO=16 TL ALINDI)	KULLANILAN MİKTARLAR	PROJEYE MALİYETİ
Cholin Cloride	1 kg	150 +27	2832	1,4 gr	3,97 TL
Sitrik Asit	1 kg	9,31 +1,68	176	4 gr	0,70 TL
Maleik Anhidrit	1 kg	16 + 2,9	302	0,5 gr	0,15 TL
Trietenol Amin	1 LT	7,14 + 1,3	135	10 ml	1,35 TL
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 LT	3,61 +0,65	68	10 ml	0,70 TL
Teflon Filtre	50 adet	30 + 5,4	566,4	2 adet	22,7 TL
PVA	1 kg	6,6 +1,2	125	2 gr	0,25 TL
AgNO <sub>3</sub>	100 gram	46 + 8,28	868,5	0,17 gr	1,5 TL
Toplam kimyasal maliyeti					<b>31,32 TL</b>
Enerji ve diğer sarf giderleri					<b>Yaklaşık 100 TL</b>
Ticari değeri çok yüksek olan 50ml NCQdot taneciklerimizin hesaplanan maliyeti yaklaşık olarak					<b>131,32 TL'dir.</b>

Sentezi yapılan NCQdot taneciklerimiz kullanılırken 1/100 oranında seyreltilerek kullanıldığı için ekonomik değeri çok yüksek olan yaklaşık 5000 ml çözelti elde edilmiştir. Merck marka ticari Qdotların 100 ml'si yaklaşık 202 Euroya satıldığı düşünülürse; 131,32 TL'ye çok ekonomik ve katma değeri yüksek bir ürün üretimi söz konusudur.

### 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Metal iyonlara karşı cevap veren kimyasal sensörler, metal iyonlarının basit yöntemlerle sürekli takibi hakkında biyoloji, toksikolojik ve çevresel bilimleri gibi alanlarda; gümüş iyonlarının tespiti için pratik, hızlı ve duyarlı bir yöntem olarak suları ve çevreyi korumak için kullanılabilir. Ek olarak, karbon noktaları suda çözünürlük, düşük toksisite, yüksek kimyasal stabilite ve kolay türetme gibi umut verici özellikleri nedeniyle, karbon dotlarının biyoteknoloji, enerji, kataliz, biyolojik uygulamaları etiketleme, biyo-görüntüleme ve gen / ilaç dağıtımı alanlarında önemli ve yaygın uygulamaları bulunur.

### 9. Riskler

Optik ve elektriksel özelliklerinden kaynaklı en çok üretilen kuantum noktalar, CdSe, InAs,

CdS, GaN, InGeAS, CdTe, PbS, PbSe, ZnS'dir ve bunlar toktik özellik gösterebilir fakat biz çalışmamızda bu iyonik bileşikleri kullanmadan organik maddelerle çevre üzerinde de minimum zarara sahip olacak şekilde kuantum noktacılarımızı sentezledik.

## 10. Kaynakça

1. Valizadeh, A., Mikaeili, H., Samiei, M., Farkhani, S. M., Zarghami, N., Akbarzadeh, A., & Davaran, S. (2012). Quantum dots: synthesis, bioapplications, and toxicity. *Nanoscale research letters*, 7(1), 1-14.
2. Wang, R., Lu, K. Q., Tang, Z. R., & Xu, Y. J. (2017). Recent progress in carbon quantum dots: synthesis, properties and applications in photocatalysis. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(8), 3717-3734.
3. Li, Y., Hou, X., Dai, X., Yao, Z., Lv, L., Jin, Y., & Peng, X. (2019). Stoichiometry-controlled InP-based quantum dots: synthesis, photoluminescence, and electroluminescence. *Journal of the American Chemical Society*, 141(16), 6448-6452.
4. Iravani, S., & Varma, R. S. (2020). Green synthesis, biomedical and biotechnological applications of carbon and graphene quantum dots. A review. *Environmental chemistry letters*, 18(3), 703-727.
5. Karagöz, F. (2015). Hedef Kimyasala Duyarlı Floresan Malzemelerin Sentezi ve Kimyasal Sensörlerde Kullanımı, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
6. Çubuk, S., Aydın, D., & Kahraman, M. V. (2021) Fe (III) İyonu Tayini İçin Fluoresans Sensör Geliştirilmesi. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(2), 324-328.
7. Shamspur, T., Mashhadizadeh, M. H., & Sheikhshoae, I. (2003). Flame atomic absorption spectrometric determination of silver ion after preconcentration on octadecyl silica membrane disk modified with bis [5-((4-nitrophenyl) azosalicylaldehyde)] as a new Schiff base ligand. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 18(11), 1407-1410.
8. Shamsipur, M., Kazemi, S. Y., Niknam, K., & Sharghi, H. (2002). A new PVC-membrane electrode based on a thia-substituted macrocyclic diamide for selective potentiometric determination of silver ion. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 23(1), 53-58.
9. Zhang, J. F., Zhou, Y., Yoon, J., & Kim, J. S. (2011). Recent progress in fluorescent and colorimetric chemosensors for detection of precious metal ions (silver, gold and platinum ions). *Chem. Soc. Rev.*, 40(7), 3416-3429.
10. Basabe-Desmonts, L., Reinhoudt, D. N., & Crego-Calama, M. (2007). Design of fluorescent materials for chemical sensing. *Chem. Soc. Rev.*, 36(6), 993-1017.
11. Kandaz, M., Güney, O., & Senkal, F. B. (2009). Fluorescent chemosensor for Ag(I) based on amplified fluorescence quenching of a new phthalocyanine bearing derivative of benzofuran. *Polyhedron*, 28(14), 3110-3114.
12. Lu, C., Xu, Z., Cui, J., Zhang, R., & Qian, X. (2007). Ratiometric and highly selective fluorescent sensor for cadmium under physiological pH range: A new strategy to discriminate cadmium from zinc. *J. Org. Chem.*, 72(9), 3554-3557.
13. Cheng, T., Xu, Y., Zhang, S., Zhu, W., Qian, X., & Duan, L. (2008). A highly sensitive and selective OFF-ON fluorescent sensor for cadmium in aqueous solution and living cell. *J. Am. Chem. Soc.*, 130(48), 16160-16161.
14. Rurack, K., Kollmannsberger, M., Resch-Genger, U., & Daub, J. (2000). A selective and sensitive fluoroionophore for HgII, AgI, and CuII with virtually decoupled fluorophore and receptor units. *J. Am. Chem. Soc.*, 122(5), 968-969.
15. Güney, O., Yılmaz, Y., & Pekcan, Ö. (2002). Metal ion templated chemosensor for metal ions based on fluorescence quenching. *Sensor. Actuat. B-Chem.*, 85(1-2), 86-89
16. Prabakaran, E., & Pillay, K. (2021). Nanomaterials for latent fingerprint detection: a review. *Journal of Materials Research and Technology*, 12, 1856-1885.
17. Menzel, E. R., Savoy, S. M., Ulvick, S. J., Cheng, K. H., Murdock, R. H., & Sudduth, M. R. (2000). Photoluminescent semiconductor nanocrystals for fingerprint detection. *Journal of Forensic Science*, 45(3), 545-551.
18. Karabulut, M. M. (2018). Parmak izi tanıma temelli gerçek zamanlı öğrenci yoklama sistemi otomasyonu (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
19. Lennard, C. (2007). Fingerprint detection: current capabilities. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 39(2), 55-71.