

**T.C.
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**SU ORTAMINDAKİ BAZI ORGANİK BİLEŞİKLERİN FOTOKATALİTİK
YÖNTEMLE GİDERİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALİ ACAR

**MAYIS 2011
MUĞLA**

**T.C.
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**SU ORTAMINDAKİ BAZI ORGANİK BİLEŞİKLERİN FOTOKATALİTİK
YÖNTEMLE GİDERİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali ACAR

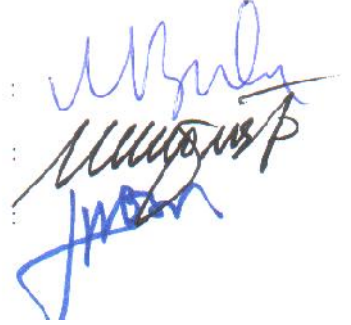
MUĞLA 2011

T.C.
MUGLA ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Ahmet Balcı danışmanlığında Ali Acar tarafından hazırlanan Su Ortamındaki Bazı Organik Bileşiklerin Fotokatalitik Yöntemle Giderimi başlıklı tez, 16/05/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ahmet BALCI
Üye : Doç. Dr. Mehmet UĞURLU
Üye : Yrd. Doç. Dr. Cem ESEN

İmza :
İmza :
İmza :



ÖN SÖZ

Araştırmam süresince göstermiş olduğu rehberliğini, anlayışını ve desteğini her zaman hissettiren, asla yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Ahmet BALCI' ya, yüksek lisans boyunca derslerine katıldığım, kendilerinden birçok deneyim kazandığım Muğla Üniversitesi'nde görev yapmakta olan tüm hocalarıma, bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen Mehmet Keleş Önen'e, her an beni düşünen, hiçbir zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve benimle beraber tezin tüm aşamalarını yaşayan aileme, kardeşime, eşime, ve emeği geçen herkese sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Ali ACAR
Muğla / Mayıs 2011

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFANO</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar/ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XI
GRAFİKLER DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çevre ve Çevre Sorunları.....	1
1.1.1 Çevre kirliliği.....	1
1.1.2 Su kirliliği.....	1
1.2 Su Kirliliğine Yol Açan Maddeler.....	2
1.2.1 Farmasötik maddeler.....	2
1.3 Su Arıtımı.....	4
1.3.1 Fotokataliz.....	5
1.3.2 Su arıtımında fotokatalitik prosesler.....	6
1.3.3 Fotokatalizör olarak TiO ₂	8
1.3.4 TiO ₂ 'in fotokataliz prosesi.....	12
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	16
2.1 Fotokataliz Hakkında Literatür Çalışmaları.....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1 Materyal ve Yöntem Hakkında Genel Bilgiler.....	19
3.1.1 Sol nedir?.....	19
3.1.2 Kolloid nedir?.....	20
3.1.3 Jel nedir?.....	20
3.1.4 Başlangıç çözeltilerinin kimyası.....	20
3.1.4.1 Metal tuz çözeltileri.....	21
3.1.4.2 İyon çözünmeleri.....	21
3.1.5 Sol-jel yönteminin kullanımı.....	22

3.1.6 Sol-jel yönteminin basamakları.....	22
3.1.6.1 <i>Alkoksit hidrolizi</i>	23
3.1.6.2 <i>Peptidleşme</i>	23
3.1.7 Jeller	24
3.1.8 Faz dönüşümleri	25
3.1.9 Sol-jel kaplama teknikleri	26
3.1.9.1 <i>Daldırma yöntemi</i>	26
3.1.9.2 <i>Döndürülerek kaplama</i>	26
3.1.9.3 <i>Sıvı püskürtme yöntemi</i>	26
3.1.10 TiO_2 'in verimliliğini arttırmak için uygulanan diğer yöntemler	27
3.1.11 Sol-jel prosesinin avantajları	27
3.1.12 Sol-jel prosesinin dezavantajları	28
3.1.13 Sol-jel prosesinin uygulama alanları	28
3.2 Bu Çalışmada Kullanılan Materyal ve Yöntem	30
3.2.1. TiO_2 sentezi	30
3.2.2 Uygulama (fotokatalitik aktivite)	31
3.2.3 Çalışmada kullanılan farmasötik maddeler	32
3.2.3.1 <i>Metilen mavisi</i>	32
3.2.3.2 <i>Fenol</i>	32
3.2.3.3 <i>Salisilik asit</i>	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	35
4.1 Çalışma Sonucu Elde Edilen Veriler.....	35
4.2 Verilerin Grafikselsel Değerlendirilmesi.....	40
4.2.1 Absorbans-dalgaboyu grafikleri	40
4.2.2 Absorbans-zaman grafikler	46
4.2.3 Yüzde giderim-zaman grafikleri	48
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	51
5.1 Fenol'ün Fotokatalitik Giderim Sonuçlarının Değerlendirilmesi	51
5.2 Salisilik Asit'in Fotokatalitik Giderim Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	52
5.3 Metilen Mavisi'nin Fotokatalitik Giderim Sonuçlarının Değerlendirilmesi	52
5.4 Elde Edilen Bulgulardan Varılan Sonuçlar	54

KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ	59

SU ORTAMINDAKİ BAZI ORGANİK BİLEŞİKLERİN FOTOKATALİTİK YÖNTEMLE GİDERİMİ

Yüksek Lisans Tezi

Ali ACAR

**MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

2011

ÖZET

TiO₂, UV uyarıldığı zaman fotokatalitik özellik gösteren ve organik grupları parçalayabilen yarı iletken bir malzemedir. Yasak bant aralığı enerjisine eşit ya da daha yüksek bir enerji ile uyarılırsa su ile reaksiyona girerek hidroksil radikalini oluşturur. Hidroksil radikali güçlü bir oksidanttır ve birçok organik maddeyi oksitleyerek bertaraf eder. Yapılan çalışmada propanol ve etanol gibi iki farklı alkol ile sentezlenen TiO₂'in, nitrik asit katkılı TiO₂'in ve ticari TiO₂'in karanlıkta ve 9W UV ışık altında fotokatalitik aktivitesi ve farmasötik maddeler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca TiO₂'in farklı miktarlarının da fotokatalitik etkisi karşılaştırılmıştır. Farmasötik kirletici olarak salisilik asit, fenol ve metilen mavisi çözeltileri kullanılmıştır. Bu maddelerin fiziksel, kimyasal özelliklerinden bahsedilmiş ve ilaç sanayiindeki kullanımları anlatılmıştır.

Bu çalışmada sentezlenen TiO₂'in, ticari TiO₂'den daha fotoaktif olduğu ve verimlilik açısından fotokatalitik proseste kullanımın daha uygun olacağı belirlenmiştir. 25 mg. TiO₂ (propanol ile hazırlanmış) ile bu üç maddenin 10 ppm 100 ml.lik çözeltileri fotokatalizlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda metilen mavisi

  zeltisinin, salisilik asit çözeltisine göre, salisilik asit çözeltisinin de fenol çözeltisine göre daha fazla fotokatalitik olarak giderildiği bulunmuştur.

- Metilen mavisi giderimi (% 98,90)
- Salisilik asit giderimi (% 67,98)
- Fenol giderimi(% 23,50).

Bu giderimlere bakarak, fenolün yapısındaki bağların, salisilik asit ve metilen mavisindeki bağlara göre daha güçlü olduğu anlaştırmıştır.

Bu çalışmada, farmasötik maddelerin oluşturabileceği kirliliklerin gideriminde, fotokatalitik yöntemlerin kullanılabileceği görülmüştür. Fotokatalitik yöntemlerin verimliliklerinin arttırılması ve daha az enerji gerektiren sistemlerin oluşturulması ile daha çevre dostu y ntemlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Farmasötik, TiO₂, Fotokatalizör, Fotoaktif madde.

Sayfa Adeti : 59

Tez Y neticisi : Prof. Dr. Ahmet BALCI

**PHOTOCATALYTIC REMOVAL METHOD of SOME ORGANIC
COMPOUNDS in WATER ENVIRONMENT**

(M. Sc. Thesis)

Ali ACAR

**MUGLA UNIVERSITY
INSTITUTE of SCIENCE and TECHNOLOGY**

2011

ABSTRACT

TiO₂ is a semiconductor material, which shows photocatalytic characteristics and can break the organic groups when stimulated with UV. If it is stimulated with an amount of energy which is equal to “Prohibited Bant Gap Energy” or higher than it, it reacts with water and creates the hydrocsil radical. Hydrocsil radical is a powerful oxidant and eliminates various organic materials by oxidizing. Inthis study, photocatalitic activities under 9 W UV light in the darkness and impacts on pharmaceutical substances of TiO₂ which is synthesized by two different alcohol such as ethanol and propanol, nitric acid alloyed TiO₂ and commercial TiO₂ are examined. In addition, the photocatalytic effect of TiO₂ is compared in different amounts. Salicylic acid, phenol and methylene blue solutions are used as pharmaceutical contaminants. Physical, chemical and pharmaceutical features of these substances are talked and their usage in the pharmaceutical industry are explained.

It is determined in this study that synthesized TiO₂ is more photoactive than commercial TiO₂ and had better to use it in the photocatalitic process in terms of productivity. 25 mg. TiO₂ (prepared with propanol) and 10 ppm 100-ml solutions of these three items are photocatalyzed. Results showed that methylene blue solution

can be removed more than salicylic acid solution and salicylic acid solution can be removed more than phenol solution photocatalytically.

- Removal of methylen blue (98,90%)
- Removal of salicilik acid (67,98%)
- Removal of phenol (23,50 %)

According to these removals, it can be said that the bonds in the structure of phenol is stronger than the bonds in the salicylic acid and methylene blue. In this study, it is seen that photocatalytic methods can be used for the removal of the pollution created by the pharmaceutical substances. Developing more environmentally friendly methods is aimed by increasing the productivity of the photocatalytic methods and the creation of systems that require less energy.

Key Words : Pharmaceutical, TiO_2 , Photocatalyzer, Photoactive substance.

Page Number : 59

Adviser : Prof. Dr. Ahmet BALCI

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 Fotoelektrokatalitik sistem.....	8
Şekil 1.2 TiO ₂ 'in yapıları.....	9
Şekil 1.3 Fotokatalitik arıtma sistemlerinin genel mekanizması.....	10
Şekil 1.4 TiO ₂ 'in organik kirlilikleri temizlemesi	13
Şekil 3.1 Su molekülünde (a) katyonun ve (b) anyonun çözünmesi	21
Şekil 3.2 Sol-jel basamakları.....	22
Şekil 3.3 Jel Oluşumu.....	24
Şekil 3.4 Jel oluşumundaki hacim değişimi	25
Şekil 3.5 Deney 1 ve deney 2 nin TiO ₂ sentezinin şematik olarak gösterimi	31
Şekil 4.1 Spektrofotometride absorbands ölçütleri	40

TABLolar / ÇİZELGELERİ DİZİNİ

Tablo No

Sayfa No

Tablo 4.1	10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu.....	35
Tablo 4.2	10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 50mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu.....	35
Tablo 4.3	10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 75 mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu.....	36
Tablo 4.4	10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 25mg TiO ₂ [etanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu	36
Tablo 4.5	10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 75mg TiO ₂ [nitrik asit katkılı] absorbans, zaman ve % giderim tablosu	36
Tablo 4.6	10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [etanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu	37
Tablo 4.7	10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu.....	37
Tablo 4.8	10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [ticari] absorbans, zaman ve % giderim tablosu	37
Tablo 4.9	10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [nitrik asit katkılı] absorbans, zaman ve % giderim tablosu	38
Tablo 4.10	10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu.....	38
Tablo 4.11	10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [etanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablo	38
Tablo 4.12	10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltisi / 50 mg TiO ₂ [etanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu	39
Tablo 4.13	10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltisi / 50 mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu.....	39
Tablo 4.14	10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltisi / 75 mg TiO ₂ [etanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu	39
Tablo 4.15	10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltisi / 75 mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablo	40

GRAFİKLER DİZİNİ

<u>Grafik No</u>	<u>Sayfa No</u>
Grafik 4.1 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 25mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan]ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği	41
Grafik 4.2 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 50mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği	41
Grafik 4.3 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 75 mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği	42
Grafik 4.4 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 25mg TiO ₂ [etanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği	42
Grafik 4.5 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 75mg TiO ₂ [nitrik asit katkılı] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği	43
Grafik 4.6 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [etanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği	43
Grafik 4.7 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği	44
Grafik 4.8 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [ticari] ile hazırlanan sistemin UV-spektro fotometri grafiği	44
Grafik 4.9 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltisi / 25 mg TiO ₂ [nitrik asit katkılı] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği	45
Grafik 4.10 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 25mg, 50mg ve 75mg TiO ₂ [propanol ile hazırlanan]ile hazırlanan sistemlerin Absorbans -Zaman grafiklerinin karşılaştırılması.....	46

Grafik 4.11 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltisi / 25'er mg TiO_2 [etanol ve propanol ile hazırlanan, nitrik asit katkılı ve ticari] ile hazırlanan sistemlerin Absorbans –Zaman grafiklerinin karşılaştırması.....	46
Grafik 4.12 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltileri içerisinde 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin Absorbans-Zaman grafiklerinin karşılaştırılması	47
Grafik 4.13 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltileri içerisinde 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [etanol ile hazırlanan] ile hazırlanan Sistemlerin Absorbans-Zaman grafiklerinin karşılaştırılması.....	47
Grafik 4.14 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi içerisinde 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin % Giderim-Zaman grafiklerinin karşılaştırılması.....	48
Grafik 4.15 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltileri içerisinde 25'er mg TiO_2 [etanol ile hazırlanan, propanol ile hazırlanan, nitrik asit katkılı ve ticari] ile hazırlanan sistemlerin % Giderim-Zaman grafiklerinin karşılaştırılması	49
Grafik 4.16 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltileri içerisinde 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin% Giderim-Zaman grafiklerinin karşılaştırılması	49
Grafik 4.17 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltileri içerisinde 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [etanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin % Giderim-Zaman grafiklerinin karşılaştırılması	50

SEMBOLLER DİZİNİ

AL(OC ₂ H ₅) ₃	Alüminyum Etoksik
B	Bor
C	Karbon
°C	Santigrad
CO ₂	Karbondioksit
Co	Kobalt
Cr	Krom
e-	Elektron
Fe	Demir
h+	Hol
Mn	Manganez
N	Azot
O ₂	Oksijen
TiO ₂	Titanyumdioksit
TTIP	Titanyum tetra izopropoksit
W	Wolfram
Zr	Zirkonyum

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CVD	Kimyasal buhar çökeltme
eV	Elektrovolt
FEK	Fotoelektrokatalitik
Mg	Miligram
ml	Mililitre
nm	Nanometre
Ppm	Parts per million (milyonda bir parçacık)
SI	Solar ışınlım
W	Watt
UV	Ultraviole

1.GİRİŞ

1.1. Çevre ve Çevre Sorunları:

Dünyada bütün canlılar organik ya da inorganik maddelerden oluşmuştur. Bu organik ve inorganik maddelerin oluşturduğu canlı ve cansız varlıklar karşılıklı etkileşim içindedirler. Canlı varlıkların yaşamsal bağlarla bağlı oldukları, etkiledikleri ve aynı zamanda çeşitli yollarla etkilendikleri bu alana çevre ya da ortam denir (Güney, 2003). Başka bir deyişle çevre; insanın sosyal, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlevlerini sunduğu ortamdır (Yıldız ve Özbay, 2009).

1.1.1. Çevre kirliliği:

Çevre sorunlarının ve kirliliğin büyük bir bölümünde, enerji kaynaklarının kullanımı, diğer bir ifade ile enerji üretimi, çevirimi, iletimi ve tüketimi endüstrinin bıraktığı atıklar, taşıtların egsozt gazlarındaki kirleticiler ve özellikle kentsel alanlarda, konutlardaki ısınma ihtiyacını karşılamak üzere tüketilen enerjinin atık ürünleri etkili olmaktadır. Hava, su ve toprak kirliliğine neden olan bu zararlı maddeler ekolojik dengede olumsuz değişiklikler meydana getirmekte, canlı ve cansızlar üzerinde zararlı etkiler yapmaktadır (Tezcan, 1997).

1.1.2. Su kirliliği:

Ülkemizde su kirliliği, çevre kirliliği içerisinde değerlendirilmektedir. Su kirliliği çeşitli şekillerde ortaya çıkmaktadır.

Bunlar;

- Evsel atıklarla kirlenme,
- Endüstriyel kirlenme,
- Tarımsal kirlenme (Yıldız ve Özbay, 2009).
- Silvikültürel: Ormancılık, ekip biçme yol inşaatı
- İmar çalışmaları: Toprak ıslahı, otobanlar

- Doğal kaynak eldesi: Madencilik, petrol kuyuları, maden atıklarından sızıntılar.
- Atık yok etme uygulamaları: Septik tanklardan, gömülen çöplerden, zararlı atık yok etme bölgelerinden olan sızıntılar.
- Kombine lağım tesisatları: Yüzeysel akıntılarla sürüklenen kimyasalların karışmasına neden olabilir.
- Hidrolojik müdahaleler: Baraj yapımı, kanal açma, sulama çalışmaları vb. (Güler ve Çobanoğlu, 2001) şeklinde sınıflandırabiliriz.

1.2. Su Kirliliğine Yol Açan Maddeler:

Vücuttaki bütün fizyolojik olayların yürütülmesinde su ya aracı olarak ya da doğrudan kimyasal işlemlere katılarak önemli rol oynar. Bütün bu yaşamsal olaylar için gerekli olan suyu insanlara, içerisinde zararlı kimyasal maddeleri ve hastalık yapıcı mini canlıları içermeyecek özellikte sağlamak gerekir. Daha sonra kullanılan suyu da insanlara zarar vermeyecek özellikte sağlamak gerekir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Tüm canlıların sağlığı için temiz, sade su sağlanması vazgeçilmez bir etmendir. Alışlagelen kirletici etmenler olarak:

- Çözünmüş oksijen
- Fekal koliform bakterileri
- Süspansiyonel sediment
- Çözünmüş katılar
- Fosfor
- Patojen biyolojik etmenler (Güler ve Çolakoğlu, 1997) olarak sınıflandırılır.

1.2.1. Farmasötik maddeler:

Medikal maddeler (farmasötikler), yakın bir zamana kadar fazla dikkat çekmeden çevreye verilmiş olan bir grup maddedir. Medikal maddelerin çevresel mikrokirleticiler olarak ilgi çekici bulunmalarının nedeni, biyolojik bir etki göstermeleri amaçlanarak geliştirilmiş olmalarıdır. Özellikle, balık çiftliklerinde

kullanılan besin katkı maddelerinde olduğu gibi büyümeyi destekleyici olarak kullanılan antibiyotiklerin, çevrede tükenmekte olduğu tahmin edilmektedir. Çevrede bulunan farmasötiklerin kaynakları, insanların ve hayvanların tıbbi ve terapötik tedavilerinden oluşur. İlaçlar genellikle aktif malzemelerin atıkları çekilir ve yapısı tarafından metabolize (tamamen ya da kısmen) edilir. Metabolitler idrar ve dışkılarda boşaltılır. Boşaltımlar yerli ve septik sistemlere doğrudan ya da devletin su atığı işlem alt yapılarına sifon olarak çekilir.

Tehlikeli atıklar, doğada çeşitli zamanlarda tespit edilen atık içeren varillerle gündeme gelmektedir. Bu tür atıkların üretiminden toplanması, depolanmasına kadar geçen aşamalarda kurum ve kuruluşların üzerine düşen görevler “Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” ve “Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”nde açıkça belirtilmektedir.

22.07.2005 tarih ve 25883 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” ne göre;

Tehlikeli Atık: Ünitelerden kaynaklanan, tehlikeli kimyasallar, sitotoksik ve sitostatik ilaçlar, amalgam atıkları, genotoksik ve sitotoksik atıklar, farmasötik atıklar, ağır metal içeren atıklar ve basınçlı kaplar,

Farmasötik Atık: Kullanma süresi dolmuş veya artık kullanılmayan, ambalajı bozulmuş, dökülmüş ve kontamine olmuş ilaçlar, aşılar, serumlar ve diğer farmasötik ürünler ve bunların artıklarını ihtiva eden kullanılmış eldivenler, hortumlar, şişeler ve kutuları,

Genotoksik Atık: Hücre DNA’sı üzerinde mutasyon yapıcı, kanserojen veya insan veya hayvanda düşüğe neden olabilen türden farmasötik ve kimyasal maddeleri, kanser tedavisinde kullanılan sitotoksik (antineoplastik) ürünleri ve radyoaktif materyali ihtiva eden atıklar ile bu tür ajanlarla tedavi gören hastaların idrar ve dışkı gibi vücut çıkartılarını,

Kimyasal Atık: Ünitelerde tedavi, tanı veya deneysel araştırmalar gibi tıbbi alanlarda kullanılan ve insan ve çevre sağlığı için çeşitli etkilerle zararlı olabilen kimyasal maddelerin gaz, katı veya sıvı atıklarını,

Ağır Metal İçeren Atıklar: Ünitelerde tedavi, tanı veya deneysel araştırmalar gibi tıbbi alanlarda kullanılan termometre, tansiyon ölçme aleti ve radyasyondan korunma

amaçlı paneller gibi alet ve ekipmanların içinde veya bünyesinde bulunan cıva, kadmiyum, kurşun içeren atıklar,

Basınçlı Kaplar: Ünitelerde tedavi, tanı veya deneysel araştırmalar gibi tıbbi alanlarda kullanılan gazları içinde bulunduran silindirler, kartuşları ve kutuları ifade eder.

1.3. Su Arıtımı:

Eskiden temiz su denilince akla tadı iyi olan, renksiz, kokusuz, bakınca dibi görülebilen sular akla gelirdi. Suyun lezzeti ve tadı sertliğinin az olması nedeniyle iyi ise halk o suyun iyi olduğunu kabul ederdi. Bunlar genellikle debisi az kaynak sularından ibaretti. Giderek suyun lezzetinin ve tadının o suyun temiz ve sağlıklı olduğunun göstergesi olmayacağı anlaşıldı. İçerisinde kimyasal bir takım katkıların olup olmadığı, inorganik ve organik zehirli maddelerin bulunup bulunmadığı, bir takım hastalık yapıcı mini canlıların üreyip üremediği, gibi ölçütler “temiz” su tanımını değiştirdi. Sonuçta toplum bireylerinin kullanımına sunulan suyun sağlığa zararlı olabilecek hiçbir etkeni bulundurmaması gereği anlaşıldı (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Su arıtımını üç aşamada sınıflayabiliriz:

Fiziksel Arıtma: Suların kokularının giderilmesi, bulanıklığının giderilmesi, içerisindeki asılı parçacıkların çökeltilerek alınması, mümkün olduğu kadar iri partiküllerden fiziksel yöntemlerle arındırılmış hale gelmesi amaçlanır. Fiziksel temizlemede havalandırma, bulanıklığın giderilmesi amacıyla çökeltme, süzme yöntemleri kullanılır. Kokunun giderilmesi, aktif kömürden geçirilerek olur. Su evlerde fiskeye gibi püskürtülerek, çağlayan gibi yüksekten, bir kaptan bir kaba boşaltılarak havalandırılır. Bulanıklığın giderilmesi için süzülmesi gerekir.

Suların Mikrobiyolojik ve Biyolojik Arıtımı: Suların mikrobiyolojik arıtımında fiziksel yöntemler (ısıtma, kaynatma, basınçlı ortamda suyu buharlaştırıp soğutma, ultraviyole etkisi ile dezenfekte gibi) işlemlere başvurulur.

Suların Kimyasal Arıtları: Su havalandırıldığında demir ve manganez oksitlenerek tuz halinde çökelirler. Dipte kırmızı bir çökelek oluşur. Suda geçici ve kalıcı sertlik olmak üzere iki tip sertlik tanımı yapılmaktadır. Geçici sertlik suyun

kaynatılarak ya da içerisine kireç katılarak giderilen sertlik biçimidir. Kalsiyum ve magnezyuma bağlıdır. Kaynatma ve kireçleme ile kalsiyum, kalsiyum karbonat olarak, magnezyum ise magnezyum hidroksit olarak çöker. Geçici sertlik ortadan kalkar. Bir de kalıcı sertlik vardır. Soda katıldığında kalsiyum, kalsiyum karbonat olarak çökerken sodyum sülfat suya geçer. Bazı işleme tesislerinde kireç soda yöntemi kullanılır. Böylece hem geçici hem de kalıcı sertliğin azaltılması amaçlanır.

Mikroorganizmaların dezenfektasyonu amacıyla kullanılan geleneksel yöntemlerin başında genellikle klor ihtiva eden kimyasal ajanların yüzeylerin temizliğinde uygulanması uzun yıllardır kullanılan bir yöntemdir. Özellikle klor içeren dezenfeksiyon ajanları; çevre kirliliği, toksisiteleri dezenfeksiyon işlemine insan faktörünün katılması ve uzun süreli bir koruma sağlamaması gibi olumsuzluklar nedeni ile günümüzde sıkça karşılaşılan kontaminasyon sorunlarına yol açmaktadır. Fotokataliz ve ışık kaynakları kullanılarak bazı tepkimeler için gerekli aktivasyon enerjisinin sağlanabileceği 1970'li yıllardan bu zamana kadar bilinen bir yöntem olmakla birlikte çevre kaygıları ve temiz süreçlerin getireceği yararlı sonuçların da etkisi ile son on yılda araştırmalar hızlanmış ve ürüne dönüştürme süreci başlamış bulunmaktadır (Karakaş vd, 2008). Artık fotokataliz yöntemi kimyasal arıtım içinde kullanılabilmektedir.

1.3.1. Fotokataliz

Fotokatalizör, UV ışığın etkisi ile yüzeyde kuvvetli yükseltgen (oksitleyici) bir ortam oluşturan bir yarı iletken olarak tarif edilebilir (Sayılkan, 2007). Yüzeye yapışan organik bileşikler ve bakteriler, bu yükseltgen toz yardımıyla kolaylıkla bertaraf edilebilmektedir. Fotokatalizör, ışık yolu ile aktifleşen bir katalizördür. Işığı absorbe ederek yüksek enerjili bir hale gelir ve bu enerjiyi reaktif maddelere transfer ederek kimyasal tepkimeyi başlatır. Bir metal kompleksi, yarı iletken bir madde fotokatalizör olarak kullanılabilmektedir.

GaP, GaAs, CdS, SrTi₃ ve ZnO, Fe₂O₃, WO₃ yarı iletken fotokatalizör olarak kullanılan maddelerdendir. İyi bir fotokatalizörün şu özellikleri taşıması gerekmektedir:

- Kimyasallardan etkilenmemesi

- Görünür ışık ya da UV ışınları ile aktifleştirebilmeli
- Maliyetinin düşük olması,
- Kolay sentezlenebilmeli ve kolay elde edilebilmeli
- Toksik olmamalı
- Yüksek fotoaktiviteye sahip olmalı (Mylonas, 1994).

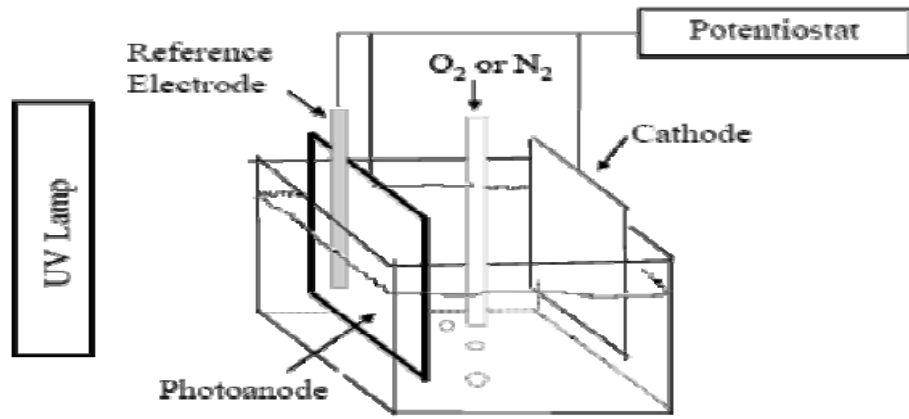
1.3.2. Su arıtımında fotokatalitik prosesler

Doğal güneş ışığından sağlanan UV ışınları ile oksijen ve nano partiküllerden oluşan özel bir kaplama arasında oluşan kimyasal reaksiyonlar sonucunda yüzeydeki organik/inorganiklerin parçalanıp yok edilmesine fotokatalitik proses denilmektedir. Bir fotokatalitik reaktör sistemi istenmeyen kirleticileri uzaklaştırmak için bir foton enerji kaynağı içerir. Sistem foton enerji kaynağı yanında ışın dağıtıcı sistem, ve foton enerjisinin taşındığı reaksiyon çemberinden oluşmaktadır. Reaksiyon çemberinden kirli su geçmekte ve burada foton enerjisiyle reaksiyona girerek kirletici derişimini azaltmaktadır. Fotokatalitik proseslerin sudan organik ve inorganik kirleticilerin uzaklaştırılmasında etkin ve ucuz bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Devipriya ve Yesodharan, 2004). Birçok metal oksidin yarı iletken olduğu bilinmektedir. Bunlar içerisinde fotokatalitik prosese en uygun aktif yarı iletkenin TiO_2 olduğu belirlenmiştir. TiO_2 , 3,2 eV'luk band aralığı enerjisine sahip olan ve 400 nm'den küçük dalga boylarında UV ışınlanması ile aktive edilen bir yarı iletkendir. UV ışınlanması sırasında, TiO_2 yüzeyinde kimyasal reaksiyonları başlatma kapasitesine sahip elektronlar ve boşluklar oluşmaktadır. Fotokatalitik bozunmada, ışık kaynağı olarak UV lambalarının yanı sıra güneş ışığından da yararlanılmaktadır. Güneş ışığı etkisiyle fotokatalizör varlığında kirleticilerin bozunumu ile ilgili en azından son 30 yıldır bilimsel araştırmalar gerçekleştirilmesine rağmen, prosesin endüstriyel ve ticari uygulamaları ve mühendislik projelendirme sistemleri yalnızca son yıllarda gelişme göstermiştir. Bu yöntemle su ve atıksuların arıtımı, halen birkaç deneysel işletme ile sınırlıdır. Bu tesislere örnek olarak Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde 1-6 m³/saatlik akış hızları ile işletilen tesisler örnek verilebilir (Balkaya ve Arslan, 2004). Güneş ışığından yararlanarak sulardaki kirleticilerin bozunumu diğer arıtım teknolojileri ile kıyaslandığında, dikkate değer ölçüde düşük

enerji gereksinimi ve yerinde arıtım imkânı gibi avantajlara sahiptir (Mehos ve Turchi, 1993). Çeşitli araştırmacılar tarafından arazide pilot ölçeğe gerçekleştirilen çalışmalarda, laboratuarda UV lambası ile gerçekleştirilen fotokatalitik bozunma çalışmalarında elde edilen verimlere ulaşıldığı literatürlerden bilinmektedir. Bu çalışmalarda ayrıca, doğal ortamda katalizör varlığında güneş ışığı etkisiyle kirleticilerin bozunumunun yalnızca Akdeniz ülkeleri gibi bol güneş alan ülkelerde etkin olmadığı, güneşten az veya çok yararlanabilen tüm alanlarda etkili olduğu ifade edilmektedir (Balkaya ve Arslan, 2004). Şimdilerde en önemli çevre problemlerinden birisi atıksu arıtımıdır. J.Araña (2002)'de gerçek bir atık suya solar TiO_2 fotokataliz uygulayarak organik maddenin fotokatalitik bozunmasını ozon ve fosfat gibi bazı iyonlar varlığında incelemiştir. Kataliz olarak aktif karbon ve titanyum dioksit karışımını ve ozon kullanarak dezenfeksiyon süresinin 60 dakikadan daha az olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca 24–48 saat içinde bakterilerin tekrar gözlenmemesi ve ek olarak toplam organik karbonun giderilmesi gözlenmiştir. UV ışığı ve yarı iletken partiküllerin varlığında kirleticilerin bozunumu yani fotokatalitik bozunma son yıllarda pek çok organik kirleticide olduğu gibi pestisit gideriminde de ümit verici bir yöntem olarak görünmektedir (Devipriya ve Yesodharan, 2004).

Fotokatalitik verimi artırmak için Fujishima ve Honda (1972) fotoelektrokatalitik (FEK) prosesi geliştirmiştir. FEK prosesi temel olarak TiO_2 gibi fotokatalizörlerin elektrokimyasal arıtma sistemi içerisinde kullanıldığı bir fotokatalitik prosestir. Son yıllarda yapılan çalışmaların hepsi (Kim ve Anderson, 1994; Pelegrinin vd., 2000; Harper vd., 2001; Li vd., 2002) FEK prosesinin suların arıtılması ve dezenfeksiyonu hususunda fotokatalitik prosese göre çok daha verimli olduğunu göstermiştir. Ayrıca bazı araştırmacılar anot ve katot kompartımanlarını başka bir deyişle holler ve elektron reaksiyonlarını ayırarak FEK prosesinin çok amaçlı ve daha verimli kullanılabileceğini belirlemişlerdir (Vinodgopal vd., 1994, Zaroni vd., 2003). Daha ileri çalışmalarda (Selçuk vd. 2003, 2004) FEK prosesinde sol-gel nano teknolojisi ile elektrotlar üzerine immobilize edilmiş TiO_2 kullanmış ve sistemde oluşan hol ve elektronları (artı ve eksi yükler) Şekil 1.1'deki gibi ayrılarak FEK prosesini bir arıtma prosesi olarak geliştirmişlerdir. Hol ve elektronların ayrıldığı FEK prosesinde elde edilen sonuçlar fotokatalitik arıtmaya ve birleşik FEK sistemine göre çok daha yüksek verimler elde edilmiştir. Bunun yanında fotokatalitik sistemden çok farklı

olarak, fotoanot kısmında klorür ve bromür iyonlarının oksitlenmesi sonucu bir dezenfektan olan klor ve brom olduğu tespit edilmiştir (Zanoni vd., 2004; Selcuk vd., 2004). Sistemin fotoanot kısmında yapılan çalışmalar klorür ve bromür gibi halojenlerin oksitlenmesi sonucunda sistemde zararlı klorlu ve bromürlü bileşiklerin oluşabileceğini, geliştirilen bu prosesin uygulamaya geçmeden çok daha fazla araştırılması ve geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Selçuk vd., 2004).



Şekil 1.1 Fotoelektrokatalitik sistem

1.3.3. Fotokatalizör olarak TiO_2

TiO_2 , beyaz inorganik bir pigmenttir. Oda sıcaklığında katı durumda olup, 2500–3000 °C arasında kaynamaya başlar.

TiO_2 pigmenti yüksek beyazlatıcılık, üstün kapaticılık ve renk değişimine dayanıklılık özelliklerine sahip beyaz toz görünümündedir.

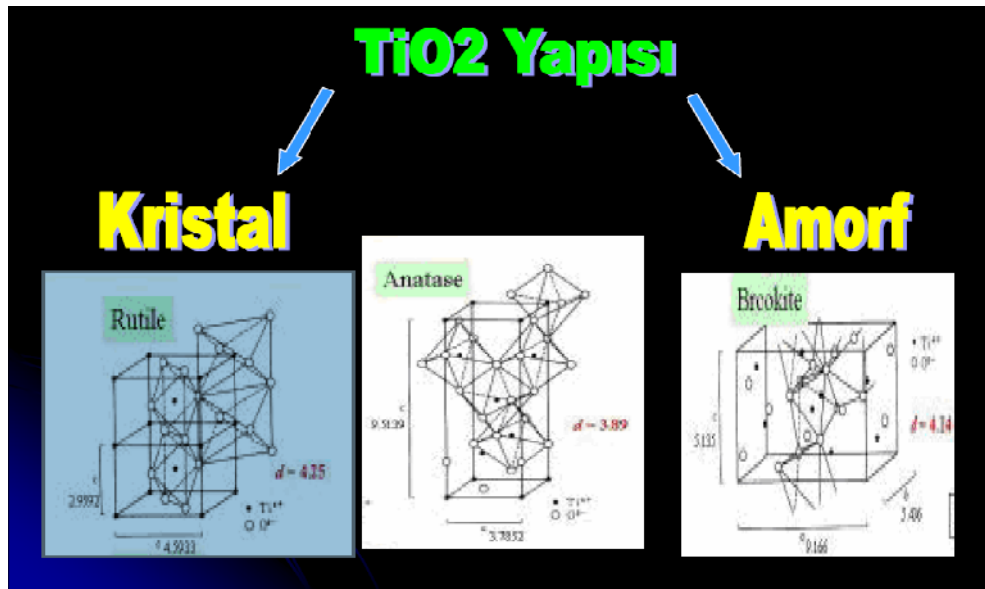
Ticari TiO_2 saf değildir, sentetik bir pigmenttir.

TiO_2 günümüzde su ve atık sularda bulunan kirleticilerin gideriminde kullanılan ideal bir yöntemdir. Bu yöntemde;

- Doğal enerji kaynağı olan güneş ışığı kullanılır.
- Doğaya kimyasal madde karışmaz.

- Çevre dostu bir yöntemdir.
- Sentez sırasında toksik madde kullanılmaz.
- Sentez kolay ve uygulanabilir.
- Özel cihaz ve alt yapı gerektirmez.

TiO₂, Şekil 1.2'deki gibi anataz, rutil ve brukit olmak üzere üç farklı kristal yapıya sahiptir. Hem anatazın hem de rutilin kristal yapısı tetragonaldır. Anataz daha düşük sıcaklıklarda kararlı olan bir faz yapısı olup yüksek sıcaklıklarda rutil fazına dönüşmektedir. Rutil ise yüksek sıcaklıklarda kararlı olan bir fazdır. Rutilin ergime sıcaklığı 1858 °C'dir. Genellikle sadece minerallerde bulunan brukitin kristal yapısı ortorombiktir.

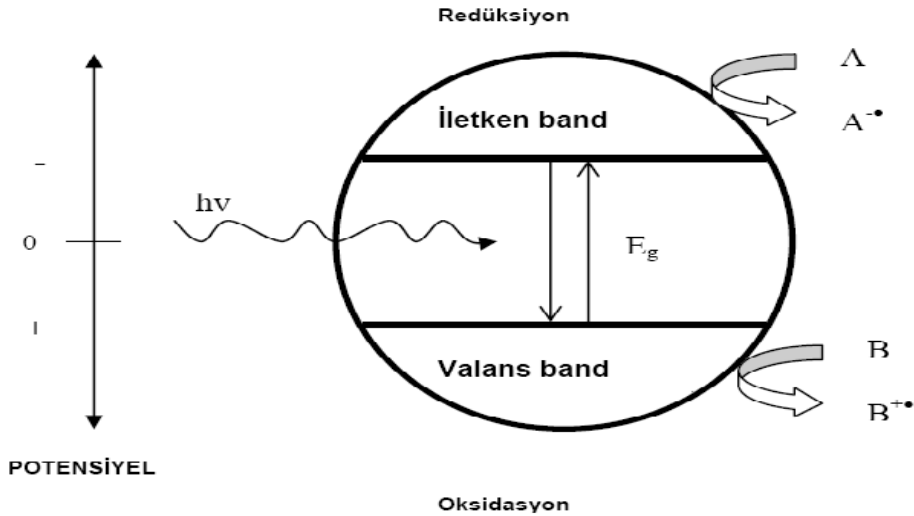


Şekil 1.2 TiO₂ 'in yapıları

Alternatif enerji kaynakları fosil yakıt harici enerji kaynaklarını kapsamaktadır. Fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan kirlilikten ötürü bu alana ilgi her geçen gün artmaktadır. Çevreye daha az zararlı birçok alternatif enerji kaynağı bulunmaktadır. Bunlardan öne çıkan en önemli kaynak güneş enerjisi olarak görünmektedir. Güneş enerjisi, su ve atıksu arıtımı alanında da uygulama alanı

bulmaktadır. Doğal (güneş) veya yapay bir kaynaktan elde edilen UV ışınları ve Titanyum dioksit (TiO_2) gibi yarı iletken katalizörler ile kirleticilerin parçalanıp yok edilmesine fotokatalitik proses denilmektedir. Bu fotokatalitik (FK) prosesin uygun elektrik alanıyla birleştirilmesiyle fotoelektrokatalitik (FEK) prosesler elde edilmektedir ve bu teknolojiye uygulamar giderek artmaktadır. Burada fotokatalitik ve fotoelektrokatalitik proseslerin tanımlaması ile su ve atıksu arıtımı alanında uygulama alanları üzerinde bilgiler verilmiştir.

Fotokatalitik sistemler, güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşümü olarak tanımlanabilir. Bu dönüşüm sırasında hidroksil radikali oluşur. Bu radikal çok güçlü bir oksitleyicidir ve sudaki pek çok organik kirletici maddelerle reaksiyona girerek organik maddelerin CO_2 'ye oksidasyonunda önemli rol oynar (Bekbölet ve Özköşemen, 1996). Buna karşın süspansiyon haldeki TiO_2 'in sudan ayrılmasının zor olması ve solar enerjinin maksimum %10'unun TiO_2 'in yüzeyinde absorblanması, TiO_2 bazlı fotokatalitik arıtma sistemlerinin dezavantajlarıdır (Palmer vd., 2002; Shaphard vd., 2002)



Şekil 1.3 Fotokatalitik arıtma sistemlerinin genel mekanizması



e reaksiyonları;



h+ reaksiyonları;



Dünyadaki fosil yakıtların sınırlı olması nedeniyle alternatif enerjilerin geliştirilmesi üzerine çok yoğun çalışmalar yapılmıştır. Alternatif enerjiler içerisinde çevresel kirlilik problemleri açısından en temiz ve de en ucuzu güneş enerjisidir. Su dezenfeksiyonunda güneşin kullanılması kolay, sürdürülebilir ve düşük maliyetlidir. Solar dezenfeksiyon ve ileri oksidasyon prosesleri yerinde uygulanabilen, tesis gerektirmeyen, düşük maliyetli ve küçük miktardaki içme suyu dezenfeksiyonunda etkin olmasından dolayı çok başvurulan su arıtma yöntemlerinden birisidir. Suyun dezenfeksiyonu için solar ışıma (SI) uzun yıllardır kullanılan bir metottur. Solar ışıma, özellikle UV-A (310–400 nm) altında birkaç saat güneşe maruz kaldıktan sonra bakteri ve virüsleri inaktive edip yok etmektedir.

Kızılötesi ışıma (700 nm’den büyük) suyun sıcaklığını artırmakta (50-55°C’ ye kadar) ve böylece bu metodun etkinliğini artırmaktadır. Bu teknolojiye bakteriler üzerinde UV-A ışımasının etkisini hızlandıran, ek olarak kimyasal kirleticileri parçalayan ve mikroorganizmalar için oldukça toksik olan hidroksil radikalleri gibi oksitleyici türleri üreten titanyum dioksit (TiO₂) parçacıkları kullanılmaktadır. Şekil 1.3’te görüldüğü gibi elektron ve hol çifti ayrılarak reaksiyonu oluştururlar. Titanyum dioksit süspansiyon halde veya yüzeye kaplanmış bir film tabakası halinde suyla temas ettirilerek arıtım amaçlı kullanılmaktadır.

Bilim ve mühendislikte nanoteknolojinin gelişimiyle nanoçözücüler, nanokatalizler, biyoaktif nano parçacıklar, nano yapıdaki katalitik membranların su kalitesiyle ilgili birçok problemi çözmeye yönelik uygulamaları yapılmaktadır

(Savage ve Diallo, 2005). Nano boyuttaki TiO_2 'in su ve atık su arıtımında kullanılması uygulamalardan biridir. Bu çalışmada, su arıtımında Nanopor Titanyum dioksitin Fotokatalitik (FK) ve Fotoelektrokatalitik (FEK) Prosesleri ve bunların uygulamalarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Anatazin kütle yoğunluğu 3.894 g/cm^3 iken, rutilin kütle yoğunluğu 4.250 g/cm^3 dür. Anatazin yasak bant aralığı 3.2 eV iken rutilin yasak bant aralığı 3 eV' dur. Genelde anataz fazındaki TiO_2 diğer TiO_2 fazlarına göre daha fazla fotoaktivite göstermektedir.

Anataz formunun daha fotoaktif olmasının bir nedeni bant enerji yapılarındaki farklılıklarda yatmaktadır. Anatazin yasak bant aralığı 3.2 eV olup 388 nm ve daha düşük dalga boylarındaki ışınları absorblaması anlamına gelmektedir.

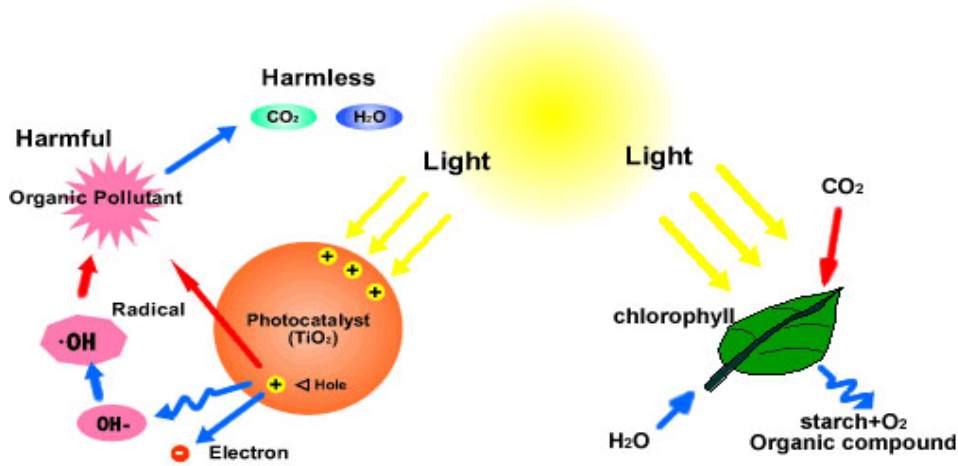
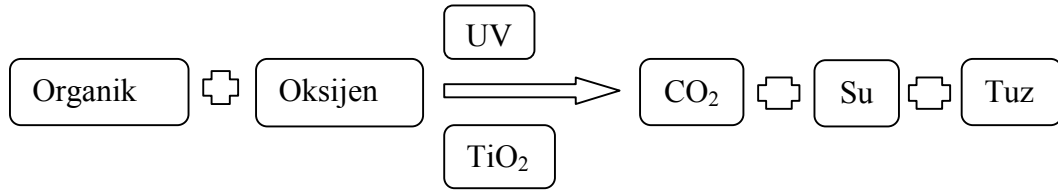
Rutilin yasak bant aralığı enerjisi 3 eV olup 413 nm ve daha düşük dalga boylarındaki ışınları absorblaması anlamına gelmektedir. Bu nedenle TiO_2 ' in anataz fazının kullanım alanı çok daha geniştir.

1.3.4. TiO_2 'in fotokataliz prosesi

Endüstriyel kirlilik ve atmosfer tabakasını her geçen gün biraz daha kirlenmesi yeni teknolojiler üreterek sürekli temizliği zorunlu bir ihtiyaç haline getirmiştir. Kötü kokular, sudaki zararlı bileşikler, bakteriler, nikotin, toksinler, is tabakaları, azotlu kükürtlü bileşikler fotokataliz ile temizlenebilir. Ama yalnız organik pislikler bu mekanizma ile temizlenir.

Fotokatalist; ışık ile bazı reaksiyonların oluşmasını sağlayan maddedir. Bilinen en güçlü ve ucuz fotokatalist TiO_2 'dir. TiO_2 'in yarı iletken bir metal olması bu fonksiyonu sağlar. Reaksiyona girmemesi onun sürekli ortamda kalarak temizleme prosesini gerçekleştirmesine neden olur. Işık ile çok aktif olmasına rağmen ışık onu parçalayamaz.

UV ışığa (dalga boyu $< 388 \text{ nm}$) maruz kaldığı zaman elektron ve boşluk çiftlerini oluştururlar. Bu oluşum 2,8–3,2 eV bir enerji aralığı oluşturur. Yüzeydeki bu oluşum havanın nemi ve oksijenin yüzeydeki organik pisliklerin ve gazların yanarak parçalanmasına neden olur. Enerji masrafı yok, maliyeti düşüktür.



Şekil 1.4 TiO_2 'in organik kirlilikleri temizlemesi

TiO_2 ucuz, stabil olması ve sudaki zararlı organik bileşikler UV ışınlaması altında oksijen, su ve CO_2 gibi zararsız bileşiklere dönüştürmesi nedeniyle literatürde en çok kullanılan yarı iletken madde olup Avrupa ve ABD' inde içme suyunda dezenfeksiyon ve organik madde arıtımı amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Titanyum dioksit su dezenfeksiyonunda ileri oksidasyon süreçlerinde katalizör olarak kullanılır. TiO_2 'in tehlikeli organik kimyasalları ve bazı inorganik kirleticileri azaltımı araştırılmıştır. TiO_2 anataz, rutil ve brokit olmak üzere üç farklı kristal yapıda bulunmaktadır. Optik özellikleri, donukluk, dayanıklılıktan dolayı anataz ve rutil yapıda olanlar fotokatalitik amaçlarda kullanılmaktadırlar. Titanyum dioksit özellikle anataz formundadır ve ultraviyole ışık altında fotokatalizör olarak davranır. Titanyum dioksitin pozitif hollerinin güçlü yükseltgeyici potansiyeli suyu oksitleyerek hidroksil radikalini oluşturur (Şekil 1.4). Aynı zamanda, direk olarak organik maddeyi ve oksijeni oksitleyebilir. TiO_2/UV fotokatalitik oksidasyon prosesi temel olarak solar enerji ($h\nu$) ile TiO_2 yüzeyinde elektron (e^-) ve hol (h^+) çiftinin

ayrılarak katalizör yüzeyindeki maddeler ile çeşitli reaksiyonlar vermesine dayanmakta ve temel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir. Şekil 1.3’de görüldüğü gibi TiO_2 içerisinde bir çift halde bulunan hol (h^+) ve elektronlar (e^-) TiO_2 yüzey solar enerjiye ($h\nu$) maruz kaldığında elektron (e^-) iletken (conduction) banta geçer ve hol valans bantta kalır (Zehra vd, 2007).

Son yıllarda, titanyum dioksit (TiO_2) üzerinde, fotokatalitik aktivite özelliğinden dolayı yoğun olarak çalışılmaktadır. TiO_2 , UV ışığı ile uyarıldığı zaman fotoaktif özellik gösteren ve organik grupları parçalayabilen yarıiletken bir malzemedir. Güvenlidir, toksik değildir ve büyük bir dayanıklılığa sahiptir. TiO_2 ’in fotokatalist olarak birçok avantajı vardır, ancak bunlar büyük bir enerjiye sahip ultraviyole ışına maruz kalmadıkları sürece işlev görmezler. Güneş ışığında yalnızca %3~ 4 oranında, florasan ışıktaki ise çok daha düşük oranda ultraviyole ışık vardır. Bu nedenle, fotokatalisti iç mekânlarda daha verimli olarak kullanmak için görünür ışıktaki da çalışan fotokataliste ihtiyaç vardır.

TiO_2 , ışığa maruz bırakıldığında, suyun arıtılmasında, kendi kendini temizleyebilen, buğulanmayan yüzeylerin elde edilmesinde, fotokimyasal olarak kanser tedavisi uygulamalarında, havanın arındırılmasında, boyalarda, kozmetikte ve gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılabilir. TiO_2 filmler, kimyasal buhar biriktirme, sıçratma, elektron demeti ile buharlaştırma, iyon ışını destekli biriktirme ve sol-jel gibi yöntemlerle değişik yüzeyler üzerine kaplanabilirler. TiO_2 ’in fotokatalitik aktivite özelliğinin keşfedilmesi ile bu malzemenin kullanım alanları daha da genişlemiştir.

Anataz ve rutil yapıları, her bir Ti^{+4} iyonunun 6 tane O^{2-} iyonu oktahedronu ile çevrelenen TiO_6 oktahedral zincirleriyle tanımlanabilirler. Bu iki faz arasındaki farklılık, oktahedronun distorsiyonunda yatmaktadır. Ortorombik distorsiyon gösteren rutil düzenli değildir. Diğer taraftan, anataz, rutile göre daha az distorsiyona uğramıştır. Anataz da, Ti-Ti mesafeleri rutile göre daha fazladır. Bununla birlikte, anatazdaki Ti-O mesafeleri, rutile göre daha kısadır. Bu farklılıklar, anataz ve rutilin kütle yoğunluklarına ve bant yapılarına yansımaktadır. Anatazın kütle yoğunluğu 3.894 g/cm^3 iken rutilin kütle yoğunluğu 4.250 g/cm^3 ’tür. Anatazın yasak bant aralığı 3.2 eV iken rutilin yasak bant 3.0 eV’ tur. Genellikle anataz formundaki TiO_2 diğer TiO_2 türlerine göre daha yüksek fotoaktivite özelliği göstermektedir.

Anataz formunun rutilden daha fotoaktif olmasının bir nedeni bant enerji yapılarındaki farklılıklarda yatmaktadır. Anatazın yasak bant aralığı enerjisi 3.2 eV olup 388 nm ve daha düşük dalga boylarındaki ışınları absorblaması anlamına gelmektedir. Rutilin yasak bant aralığı enerjisi 3.0 eV olup 413 nm ve daha düşük dalga boylarındaki ışınları absorblaması anlamına gelmektedir. Eğer TiO_2 yarıiletkeni yasak bant aralığı enerjisine eşit veya yasak bant aralığı enerjisinden daha yüksek bir enerji ile uyarılırsa valans bandındaki bir elektron iletkenlik bandına çıkar. Valans bandında pozitif yüklü bir boşluk oluşur. Valans bandında oluşan bu boşluklar, fotokatalistin yüzeyinde bulunan su ile reaksiyona girerek oldukça reaktif olan hidroksil radikalini ($\bullet\text{OH}$) oluşturur. Hem boşluklar hem de hidroksil radikalleri çok güçlü oksidantlardır ve birçok organik malzemeyi oksitlemek için kullanılabilirler .

Anataz ve rutilin valans bant enerjileri, Şekil-3’de gösterilen enerji diyagramında çok düşük bir seviyededir. Bu durum, hem anatazın hem de rutilin valans bantlarında oluşan boşlukların (ve hidroksil radikallerinin) yüksek oksitleme gücüne sahip olduğu anlamına gelmektedir. Rutilin iletkenlik bandı enerjisi, suyu elektrolitik olarak hidrojene indirmek için gerekli olan potansiyele yakındır, fakat anatazın iletkenlik bandı enerjisi, enerji diyagramında daha yüksektir ve bu da anatazın daha yüksek redükleme gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı anataz, çok önemli bir reaksiyon olan moleküler oksijenin (O_2) süperoksit ($\text{O}_2\bullet^-$) elektrolitik redüksiyonunu gerçekleştirebilmektedir.

Titanyum dioksitin anataz, rutil ve brokit olmak üzere başlıca üç kristal formu mevcuttur. Rutil fazı termodinamik olarak daha kararlı bir fazdır. Anataz fazı 550-600°C sıcaklıktan itibaren rutil fazına dönüşmeye başlar (Rivera, 1993). Brokit fazı fotokatalitik özelliğe sahip değildir. Anataz fazı ise rutilden daha yüksek bant enerjisine sahip olmasına rağmen birçok tepkimede rutilden daha yüksek fotokatalitik etkinlik gösterir (Karakaş vd., 2008).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Fotokataliz Hakkında Literatür Çalışmaları

TiO₂, günlük hayatımızda yer alan en önemli malzemelerden biri olup, boyalarda, kozmetikte ve gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. TiO₂'in fotokatalitik aktivite (Fujishima ve Honda, 1972) özelliğinin keşfedilmesi ile bu malzemenin kullanım alanları daha da genişlemiştir. Fotokatalizm (photocatalysis) “Bir katalist varlığı ile bir fotoreaksiyonun hızlandırılması” olarak tanımlanabilir. Fotokatalizmin bu tanımı “fotosensitizasyon (photosensitization)” prosesini de içermektedir. Fotosensitizasyon prosesi “fotosensitizör (photosensitizer) olarak adlandırılan kimyasal türün gelen radyasyonu absorblaması sonucu başka bir türde meydana gelen fotokimyasal değişim olarak tanımlanabilir (Mills ve LeHunte, 1997). Yarıiletkenler (ZnO, TiO₂, Fe₂O₃, ZnS, CdS vb.), elektronik yapılarına bağlı olarak, fotokatalitik aktivite uygulamalarında sensitizör olarak davranabilirler (Hoffmann vd., 1995).

Yarı iletkenler arasında TiO₂'in anataz formu, en yüksek fotokatalitik aktivite özelliğini göstermektedir (Fujishima vd., 2000). TiO₂'in fotokatalitik aktivite özelliğinin, 1970'lerde, Fujishima ve Honda (1972) tarafından ortaya atılmasından sonra, dünyada ciddi bir problem haline gelen çevre kirliliği sorunlarına çözüm yaratabileceği için bu konu üzerinde yoğun olarak çalışılmaya başlanmıştır. Frank ve Bard (1977), TiO₂ tozları ile su içerisindeki siyanürü parçalayarak çevresel arıtma konusundaki ilk çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmanın ardından, organik ve inorganik kirleticilerinin arıtılması üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Ollis ve Al-Ekabi, 1993; Matthews, 1986; Matthews, 1988; Tanguay vd., 1989; Taraba vd., 1986). TiO₂ tozlarının su arıtma işleminde kullanılmasından sonra, suyun içerisinden temizlenmesi gibi bir problemin ortaya çıkması TiO₂'i, ince film gibi, farklı bir formda üreterek kullanma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. TiO₂'in ince film olarak hazırlanması konusunda yapılan ilk çalışmalar Matthews (1987) ve Heller (1995) tarafından gerçekleştirilmiştir. TiO₂'in bilinen fotokatalitik oksitleme özelliğinin yanı sıra bir diğer özelliği de ışık etkisi ile yüzeyinin süperhidrofilik özellik kazanmasıdır. Ancak ince film uygulamalarında giderim oranı düşmüştür. Bunun yerine başka modifikasyon çalışmaları hız kazanmıştır.

Tüm bu uygulama alanlarının yanı sıra, TiO_2 'in sadece UV ışığı ile aktive edilebildiği bilinmektedir. Ancak, UV ışığı, solar spektrumun çok az bir bölümünü oluşturduğu için TiO_2 'in pratik uygulamalardaki kullanımı sınırlanmaktadır. TiO_2 'i gün ışığında daha fotoaktif hale getirebilmenin bir yolu yabancı maddelerle katkılандırmasıdır. Karakitsou ve diğerleri (1993), W^{6+} , Ta^{5+} , Nb^{5+} , In^{3+} , Zn^{2+} ve Li^+ katyonlarının su ayrıştırma işlemi için TiO_2 'in fotokatalitik aktivitesinin performansına olan etkilerini araştırmışlardır. W^{6+} , Ta^{5+} , Nb^{5+} katyonları TiO_2 içerisine katkılандırıldığı zaman H_2 üretiminin arttığı, buna karşılık TiO_2 , In^{3+} , Zn^{2+} ve Li^+ ile katkılандırma işleminin ise H_2 üretimini azalttığını kaydetmişlerdir. Fe^{3+} , Cr^{3+} ve V^{5+} katyonlarının TiO_2 'in suyu ayrıştırma (H_2 üretimi) ve okzalik asidi oksitleme üzerindeki etkileri Serpone ve diğerleri. (1994) tarafından yayımlanırken, Fe^{3+} , Cr^{3+} ek olarak Co^{2+} ve Mg^{2+} katyonlarının etkileri Ranjit ve Viswanathan (1997) tarafından raporlanmıştır.

Iwasaki ve diğerleri. (2000) TiO_2 partikülleri içerisine çok az miktarda Co^{2+} iyonlarının eklenmesiyle, TiO_2 'in gün ışığında bile fotokatalitik aktivite özelliği gösterdiğini kaydetmişlerdir. Dvoranová ve diğerleri. (2002) Cr, Mn ve Co'nun TiO_2 'in absorpsiyon köşesini görünür bölgeye kaydardığını ileri sürmüşlerdir. Bunların dışında, literatürde, TiO_2 'in fotokatalitik aktivitesine olan etkilerini inceleyebilmek amacıyla, F (Hattori ve Tada, 2001; Yu vd., 2002a), Pb (Yu vd., 2002b), Ag (He vd., 2002), N (Burda vd., 2003; Irie vd., 2003), B (Moon vd., 2000), Zr (Hirano vd., 2003), Au (Subramanian vd., 2004), Al (Anpo vd., 1988), Si (Li vd., 2005) ve Sn (Zheng vd., 2002), Pt (Zhang vd., 2006) gibi elementler katkılандırılarak çalışılmıştır.

Araştırmalarla atık sulardaki çeşitli organik maddelerin (antibiyotikler, boyar maddeler, fenolik maddeler vb) atık su arıtma sistemlerinde ve çevrede biyolojik olarak giderilemediği saptanmıştır (Ternes 1998; Kümmerer ve diğ., 2000 ve Heberer, 2002). Çevrede önemli problemlere yol açan organik kirliliğinin giderimi için alternatif arıtım yöntemlerinin geliştirilmesi son yıllarda önem kazanmıştır. İleri oksidasyon proseslerinin antibiyotikler, boyar maddeler ve fenolik maddelerin arıtımında etkili olduğu saptanmıştır (Dantas ve diğ., 2008; Ötoker ve Balcıoğlu, 2005, Alaton ve diğ. 2004, Balcıoğlu ve Ötoker 2003; Andrezzi ve diğ., 2003; Balcıoğlu ve Ötoker, 2002, Zwiener ve Frimmel, 2000). Fotokatalitik giderim prosesi,

biyolojik yöntemlerle arıtılamayan kirleticilerin gideriminde kullanılan bir ileri oksidasyon prosesidir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal ve Yöntem Hakkında Genel Bilgiler

Toz üretimi için birçok kimyasal metot vardır. Genellikle kimyasal metotlarla son derece küçük tanecik boyutlarında tozlar üretilir. Bunlardan belli başlıları;

- Sol-jel
- Kimyasal çökeltme
- Kimyasal reaksiyon
- Kimyasal buhar çökeltme (CVD)
- Kimyasal indirgenme
- Ayrışma (dekompozisyon)
- Elektrolitik yöntem

3.1.1 Sol nedir?

Sol; sıvı içerisinde kolloidal katı taneciklerinin kararlı bir süspansiyonudur. Bu katı tanecikleri, yerçekiminden daha büyük dispersiyon kuvvetlerinden sorumlu olduğundan yeterince küçük olmalıdır. Gerçekte bu tanecikler ne kadar küçük ise, çözeltideki molekülleri konuşmak daha doğru olacaktır.

Sol-jel yönteminin üstünlükleri:

- Yöntemin kimyasal yönü kontrol edilebilir.
- Hammaddelere kıyasla daha iyi homojenlik sağlanır.
- Toz boyutu mikronun altında elde edilir.
- Üretim için düşük sıcaklıklar yeterlidir.
- Yeni malzemeler ve özellikler elde etmek mümkündür.
- İnce filmler gibi özel mamullere uygundur.

Sol-jel yönteminin sakıncaları:

- Bu yöntemle üretilen tozların maliyeti yüksektir.
- Proses esnasında büzülme miktarı büyüktür.
- İnce gözenekler yapıda yer alabilir.
- Yapıda kalıntı hidroksil yer alabilir.

- Yapıda kalıntı karbon yer alabilir.
- Organik çözeltiler sağlığa zararlıdır.
- İşlem süresi uzundur.

3.1.2 Kolloid nedir?

Kolloid olarak tanımlanan tanecikler gözle görülemeyecek kadar küçük 500 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) ve daha altındaki boyutlara sahip taneciklerdir. Bu tanecikler normal optik mikroskopla görülemezler. Çünkü maksimum boyutları ışığın dalga boyuna eşittir.

3.1.3 Jel nedir?

Jel; kolloidal parçacıkların çöktürülmesiyle elde edilen ve bol miktarda su içeren çökeleklerle denir. Jel, katı ve sıvı faz arasında bir ara fazdır.

3.1.4 Başlangıç Çözeltilerinin Kimyası

Farklı metotlarla elde edilebilen inorganik sol ve jeller, bir sıvı ortamda çözünebilen kimyasal reaktanlardan direkt olarak sentez edilebilir. İnorganik sol veya jeldeki bulunan M katyonunu içeren kimyasal reaktan, kimyasal başlangıç maddesi (precursor) olarak adlandırılır. Başlangıç maddelerinin tüm tipleri kullanılabilir. Bunların iki ana grubu vardır: metalik tuzlar ve alkoksitler.

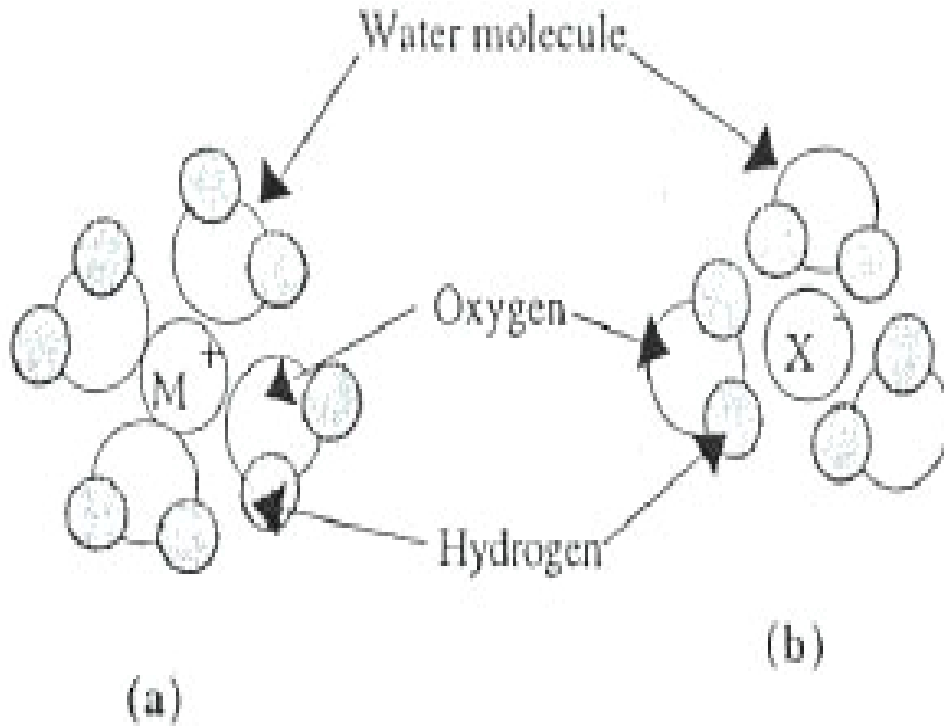
Bu iki grubun çözelti kimyası tamamen farklıdır. Yani su ya da organik çözücünün seçimi, başlangıç maddesine bağlıdır. Sol-jel yöntemiyle sentezlenen seramiklerde, özellikle oksitlerde, su; başlangıç maddelerini dönüştürmek için ana reaktan olarak bulunur. Bu nedenle, su moleküllerinin elektronik özellikleri, sol-jel başlangıç maddelerinin dönüşüm prosesinde önemlidir.

3.1.4.1 Metal Tuz Çözeltileri

Sol-jel proseslerinde, metal tuzlar kullanıldığında, çoğunlukla sulu bir ortamda çözülürler. Metal tuzu (MX) çözeltide negatif yüklü Xz^- ve bunu dengeleyecek pozitif Mz^+ iyonlarına ayrışır. Anyon ve katyon mutlaka aynı yüke (z) sahip olmak zorundadır. Bu anyonlar bazen safsızlık olarak düşünülür ve saf oksit seramiklerin üretimi için elimine edilirler.

3.1.4.2 İyon Çözünmeleri

Su, dipolar momente sahip olduğu için katyonun pozitif z^+ yükü, negatif yükü çeker, yani su molekülünün oksijen atomunu. Bunun bir sonucu olarak da katyon, N sayıda su molekülüyle çevrilir.



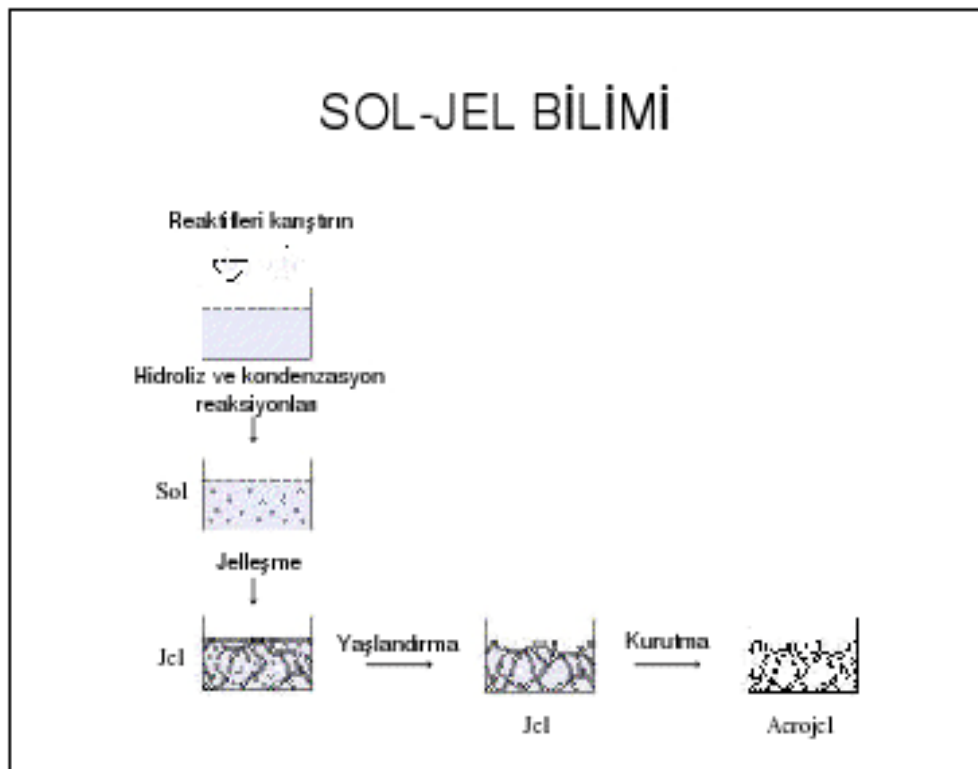
Şekil 3.1 Su molekülünde (a) katyonun ve (b) anyonun çözünmesi

3.1.5 Sol-jel yönteminin kullanımı

- Monolitik şekiller
- Fiberler
- Kaplamalar
- Tozlar

3.1.6 Sol-jel yönteminin basamakları

1. Alkoksit hidrolizi
2. Peptidleşme veya polimerizasyon
3. Jel eldesi
4. Kalsinasyon / Sinterleme



Şekil 3.2 Sol-jel basamakları

3.1.6.1 Alkoksit hidrolizi

Hidroliz hızını etkileyen faktörler:

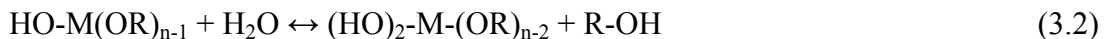
- Su miktarı
- Katalizör tipi
- Çözücü derişimi
- Sıcaklık

Optimum molar su/alkoksit oranı 100'dür. Böylece alkoksit tanecikleri, bol su içinde birbirleri arasındaki mesafeyi açabilirler.

Asit katalizörler, polimerleri hafif bağlarla bağlarken, baz katalizörler kuvvetli bağlarla bağlarlar.

Distile su ile sıcak ortamda (>80°C) çalışıldığında daha kararlı bir kolloid yapı oluşturur.

Hidroliz reaksiyonu şu basamaklardan oluşur:



Kondenzasyon reaksiyonu ise 3 basamakta gerçekleşir:



3.1.6.2 Peptidleşme

Peptidleşme, çökeltilerin bir çözücü etkisiyle dağıtılmasıdır. Bu çökeltilerin dağıtılmasıyla bir sol hazırlanmış olur. Peptidleşmede kullanılan en uygun maddeler, elektrolitlerdir. Elektrolitler, taneciklere belli bir yük verirler.

Yüklemenin gerekliliğinin nedeni, kolloidal taneciklerin ancak yüklü oldukları zaman kararlı halde bulunabilmeleridir.

Peptidleşme bir dekoagülasyon, koagülasyon ise kolloidal taneciklerin elektrik yükünün sıfır olması sonucu büyüyerek çökmeleridir. Bir çözelti, negatif yüklü bir kolloidal çözelti oluşturuyorsa, OH⁻ iyonları ile (bazlarla), pozitif yüklü bir kolloidal

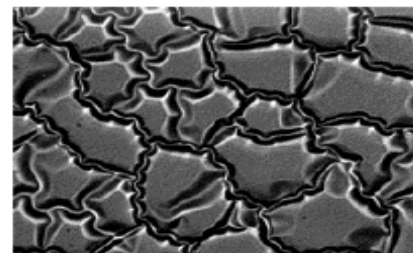
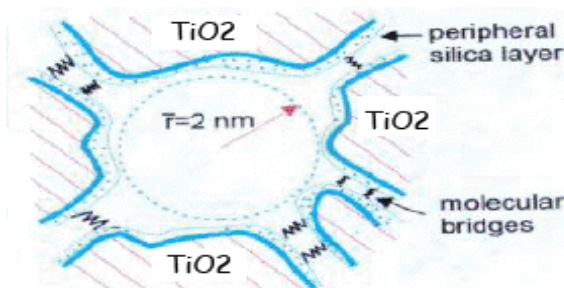
çözelti oluştuyorsa, H^+ iyonları ile (asitlerle) peptidleştirilirler. Eklenecek asit miktarı ortamın pH değeri ile ayarlanır. Çözeltiye verilen elektrolit gereğinden az veya çok olursa, peptidleşme meydana gelmez. Yüksek derişimdeki elektrolit, taneleri yüksüz bırakarak peptidleşmeyi önler. Az miktarda kullanıldığında ise verdiği yük de yeterli olmayacağından çökelti durumu devam eder. Seçilen asit miktarı kadar asit cinsi de peptidleşmeyi etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Peptidleşmeyi sağlamayan asitlerin iyonlaşma sabitleri 1×10^{-4} 'ün altındadır. Asit konsantrasyonu çok düşük olduğundan, elektrik yükü etkisinin sağlanabilmesi için, asidin kuvvetli olması gerekir. Bu şart birkaç kuvvetli asidin dışında hemen hemen tüm diğer organik asitleri devre dışı bırakmaktadır.

3.1.7 Jeller

Jel genel olarak iki bileşenden oluşur:

- Katı
- Sıvı

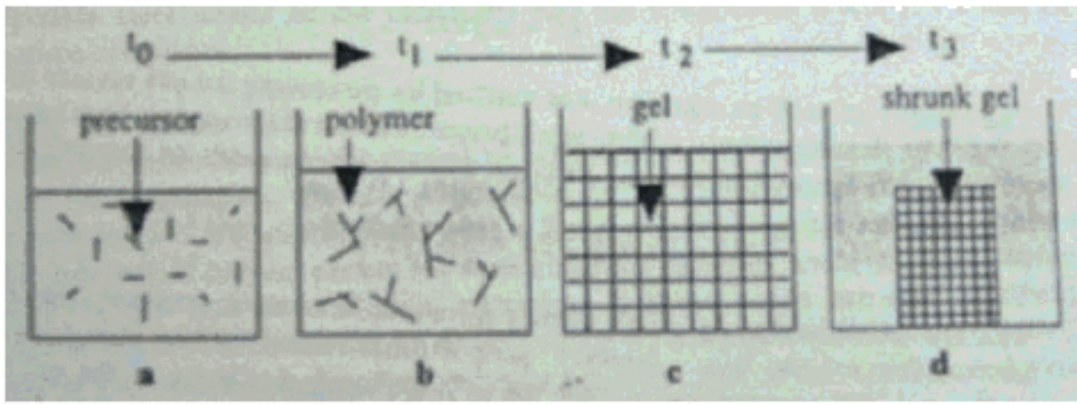
Jel, sıvısı çok olan katı ve sıvı fazlar arası bir sistemdir. Jelleşme olayı, kolloidal taneciklerin şekilleriyle yakından ilgilidir. Jeli oluşturan moleküller birbirine zayıf veya kuvvetli bağlarla bağlanarak, aralarındaki boşluklarda sıvı bulunan iskelet şeklinde dokular oluştururlar. Jel oluşumunun en önemli adımı, bu jelin çatlak oluşumuna imkan vermeden kurutulmasıdır. Jellerde kurutma, çözücünün (alkol, su) fazlalığının giderilmesidir. Kurutmada jel büzülür ve meydana gelen katı yüksek miktarda gözeneklilik içerir. Bu katıya XEROGEL denir.



Şekil 3.3 Jel oluşumu

Kurutma sırasında meydana gelen kırılmalar kapiler kuvvetlerden doğar. Jeldeki gözenek çapları nanometre boyutunda ise, içerdikleri sıvının hidrostatik basıncı çok yüksek olacaktır.

Ayrışma ile birlikte yapının çökmesi başlar ve bu sinterleme sırasında tamamen birleşmeye öncülük eder. Zira jel, amorf yapıda ve dominant sinterleme mekanizması akıcıdır ve yapışkandır. TiO_2 jel oluşumu esnasındaki hacim değişimi aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 3.4 Jel oluşumundaki hacim değişimi

Kalsinasyon işlemi kurutma sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda yapılır. Gözenek boyutu sinterleme hızını etkilemektedir. Gözenekler daha küçükse, jel çok daha düşük sıcaklıklarda sinterlenir.

3.1.8 Faz dönüşümleri

İlk olarak jel, kurutmadan daha yüksek sıcaklıklara ısıtılır ve böylece daha kararlı fazlara dönüşür. Çoğu durumlarda bu ilk kimyasal bir değişim evresidir ve her zaman istenen teknik seramikler aynı kimyasal bileşimlere sahip değildir. Madde kendiliğinden kristaloğrafik olarak yeniden düzenlenerek katı ağını oluşturur ve gözenek dokuması değişir.

3.1.9 Sol-jel kaplama teknikleri

Sol-jel tekniğinde başlangıç maddesi olarak genellikle metal alkoksitleri kullanılmaktadır. Sol-jel tekniğinin diğer yöntemlerden farkı malzemenin sıvı olarak ve oda şartlarında hazırlanabilmesidir. Sol-jel tekniği ile cam, metal, plastik ve seramik malzemeler üzerine TiO_2 kaplanabilmektedir.

Bu malzemelere TiO_2 ;

- Daldırılarak
- Döndürülerek veya
- Sıvı Püskürtme Yöntemi

ile kaplanabilir.

3.1.9.1 Daldırma yöntemi

Bu yöntem TiO_2 kaplanacak yüzeyin çözeltinin içerisine daldırılarak belirli bir hızla geri çekilmesine ve kontrollü sıcaklıkta kurutulmasına dayanmaktadır.

Kaplamanın kalınlığı;

- Kaplanacak malzemenin çözeltiden geri çekilme hızına ve açısına
- Çözelti konsantrasyonu ve viskozitesine bağlıdır.

3.1.9.2 Döndürülerek kaplama

Bu yöntemde kaplanacak madde eksen üzerinde dönen diskin ortasından kaplanacak yüzeye damlatılmaktadır. Dönmeden dolayı çözelti kaplanacak malzemeye homojen olarak dağılır. Son olarak kaplanan malzeme kurutma ve sinterleme işlemlerinden geçirilir.

3.1.9.3 Sıvı püskürtme yöntemi

Hareketli nozüller yardımıyla, kaplama çözeltisinden elde edilen ince damlacıklar bulutu önceden ısıtılmış cam yüzeyine püskürtülerek kalama yapılır. Bu yöntemle tek düze bir kaplama kalınlığına ve rengine ulaşmak zordur. TiO_2 sadece UV bölgede

dar bir bantta etkindir. Bu da titanyum dioksitin verimliliğini düşürür. Sol-jel yöntemi ile TiO_2 'in yüzey alanı arttırılmaktadır.

3.1.10 TiO_2 'in verimliliğini arttırmak için uygulanan diğer yöntemler

- Katkılandırma: ametaller (B, C, N...) ve metaller (Fe, Co, Zr...) ile
- Organik moleküller ile aktivitenin arttırılması (porfirin ve azo boyalar gibi)
- Gözenekli bir destek maddesine tutundurma (aktif karbon)
- Yüzey modifikasyonu (yüzeyin daha etkin olması için)

3.1.11 Sol-jel prosesinin avantajları

Sol-jel prosesini diğer yöntemlerden üstün kılan özelliklerden bazıları şunlardır:

- Kimyayı temel alması, düşük sıcaklıkta çalışabilmesi.
- Gelişmiş ve karmaşık fabrikasyon teknolojileri cam, seramik, cam-seramik gibi malzemelerin hazırlanmasında genellikle yüksek sıcaklık kullanılır ki, bu da onların hazırlanmalarına sınırlamalar getirmektedir.
- Yüksek sıcaklık kullanımı ile malzemelerin hazırladığı sırasında onların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklikler kontrol altında tutulamamaktadır. Bu da onların istenen teorik yapısal değerlere ulaşmalarını zorlaştırmaktadır.
- Saf maddelerin sıvı çözeltileri kullanılmaktadır. Böylelikle homojenleşmenin moleküler seviyede sağlanması başarılmaktadır. Başlangıç maddelerinin basitçe saflaştırılmasından sonra, ürün büyük bir saflıkta elde edilebilmektedir.
- Düşük sıcaklığın kullanılması, yüksek sıcaklıkta buharlaşmadan doğacak kayıpları önlemektedir. Böylece meydana gelebilecek faz değişimlerini ortadan kaldırarak normalde hazırlanamayan seramiklerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.
- Çalışma prosesi için basit kaplar ve ortam için atmosferik şartlar yeterli olabilmektedir.
- Organik çözücüler kullanılabilir.

- Düşük sıcaklık uygulaması dolayısı ile organik moleküller ya da boyar maddeler kolaylıkla oksit jel ağına sokulabilmektedirler. Kullanılan organik grup jelleşmeden sonra değişmeden kaldığı için, metal organik biriminin modifikasyonu sonucu eşsiz, çok yeni polimerleri verebilmektedir.
- Sollerin viskozitelerinin düşük olması ince kaplama filmlerinin hazırlanmasını oldukça kolaylaştırmaktadır

3.1.12 Sol-jel prosesinin dezavantajları

Bu kadar çok avantajın yanında, kuşkusuz bu prosesin çok fazla olmamakla beraber, dezavantajları da vardır. Bunlar;

- Jelleşme sırasında ya da jellerin kurutulması sırasında büyük bir büzülmenin meydana gelmesi,
- Oksit ağında çok fazla miktarda gözenegin bulunması, bunların kontrol edilemediği durumlarda problemlere sebep olabilmeleri,
- İstenmeyen, fakat ortamda oluşabilen hidroksil ve organik kalıntıların ayrılmasının zorluğu,
- Çıkış maddelerinin pahalılığıdır.

Ancak bunların çoğu bertaraf edilebilmektedir. Bu proses için sayılabilecek en büyük dezavantaj herhalde bu konuda yapılan ve onun daha iyi anlaşılmasını sağlayacak olan bilimsel çalışmaların azlığıdır.

3.1.13 Sol-jel prosesinin uygulama alanları

Sol-jel prosesinin kuşkusuz uygulama alanları sayılamayacak kadar çoktur. Ancak bilgi olması bakımından burada birkaçından kısaca bahsedilecektir.

Sol-jel prosesinde, jelleşme derecesinin polimerleşme derecesine oranı kontrol edilerek malzemelerde yoğunluk, kırılma indisi/sertlik, esneklik/sıkıştırılabilme derecesi/aşınmaya karşı direnç ve kopma eğilimi tasarlanan şekilde değişikliğe uğratılabilir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi sol-jel prosesinin çeşitli özellikleri (metal-organik öncü birimler, organik çözücülerin ve düşük sıcaklığın kullanımı) anorganik bir yapı

grubuna (ağına) "hassas" organik moleküllerin katılabilmesini sağlamaktadır. Bu çeşit organik moleküller malzemelere, mekanik özellikler, film ve elyafları oluşturma kolaylığı, gözeneklerin kontrol edilebilmesi, hidrofilik/hidrofobik oranının ayarlanabilmesi gibi bazı yeni özellikler kazandırabilmektedir. Aynı şekilde malzemenin anorganik kısmının da malzemenin bazı (mekanik ve ısısal direnç, optik indeksinin değişimi, elektrokimyasal, elektriksel ya da magnetik) özelliklerini geliştirilebilir ya da açığa çıkarılabilir. Sadece bunları düşünülmesi bile sol-jel prosesinin çok geniş bir bileşenler yelpazesi sunduğu görülebilir. Dolayısıyla, geniş bir malzeme üretme ve geliştirme potansiyeline sahiptir.

Çeşitli yollardan sol-jel prosesini kullanarak kompozit malzemeleri üretmek mümkündür. Mesela, kolloidal "dumanlı" silikanın çözelti şeklinde dispersiye edilmesi ile SiO_2 tüpleri ve çubukları başarı ile hazırlanabilmektedir. Elde edilen ürünler optik amaçlı kullanım alanları bulabilmektedirler.

Gözenekli jeller organik polimerlerle etkileştirilerek renkli ve şeffaf, yoğun kompozitler elde edilebilmiştir. Bu kompozitler çok özel mekanik ve optik özelliklere sahiptirler.

Organik boyalar, bu özel optik özelliklere sahip kompozitler elde edilirken, jel çözeltileri içinde dispersiye edilmektedirler. Bu yeni kompozitler optik data bankalarının, renkli lazerlerin yapımında, fotoiletkenlik alanlarında kullanılmaktadırlar.

Yüksek sıcaklık uygulamasından sonra, oksit jellerinin gözenekli bir yapıya sahip oldukları görülmüştür. Bu jeller, dolayısıyla filtre ve membranların yapımında kullanılabilirler. Şimdiye kadar kullanılan filtreler organik kökenlidirler. Ancak kimyasal dayanıklılık bakımından yüksek sıcaklık uygulaması dolayısıyla oksit membranlar daha üstündürler. Alüminadan yapılan filtreler, birçok çözeltinin, hatta küçük gözenekleri sayesinde bazı gazların ayrılmasında bile kullanılabilirler. ZrO_2 ve TiO_2 gibi oksitlerin de membranları yapılmış olup kullanıma sunulmuştur.

Sol-jel prosesinin en çok kullanıldığı alanlardan birisi de kaplamacılıktır. Sol-jel prosesi kaplamayı çok kolay hale getirmekle kalmayıp, çok az saf madde sarf edildiğinden aynı zamanda ekonomik hale de getirmektedir. Cam ve aynalar, çift görüntüleri ve yansımaları yok etmek amacıyla silikat ve borosilikat kökenli kaplamalarla kaplanmaktadır. Bunun yanında geçirgenliği artırıcı veya sertliği

artırıcı, kırılganlığı önleyici gibi kaplamalar geliştirilmiştir. Diğer sayabileceğimiz uygulama alanlarından bazıları şunlardır; resimleme teknikleri, elektrokromik aygıtların yapımı, optik nanokompozitler, aerogeller, geri dönüşümlü katotlar, LiNbO_3 gibi ferro-elektrik seramiklerin yapımı, elektronik ve magnetik malzemelerin üretimi.

3.2 Bu Çalışmada Kullanılan Materyal ve Yöntem

3.2.1 TiO_2 sentezi

Deney 1: (Propanol ile Hazırlanan TiO_2)

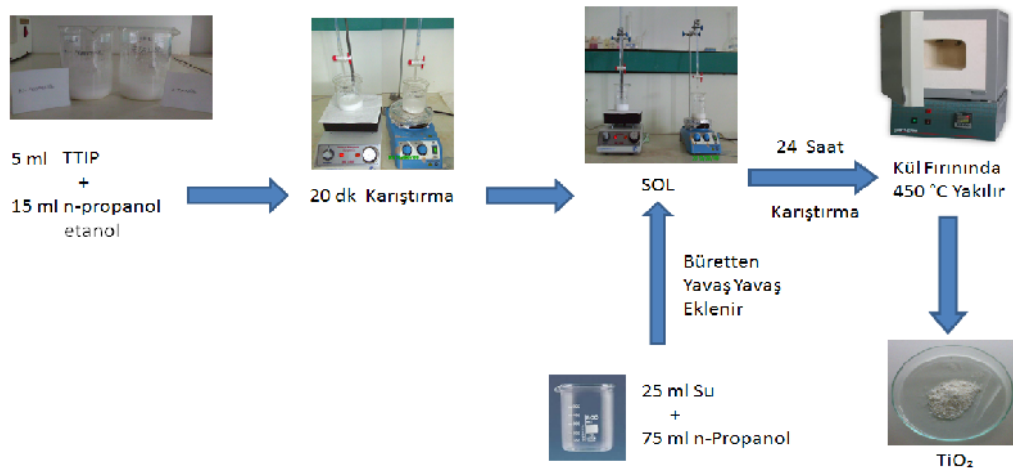
Bir beher içerisine 5g TTIP (Titanyum tetra izopropoksit) 15 ml n-propanol koyuldu ve 20 dk. karıştırıldı. Daha sonra başka bir beher içerisine 25 ml saf su ve 75 ml n-propanol kondu. Hazırlanan bu alkol-su çözeltisi büretten yavaş yavaş TTIP-alkol çözeltisi üzerine eklendi ve 24 saat karıştırıldı. Karışım olgunlaşabilmesi için bir süre dinlendirildi. Daha sonra 70°C 'lık etüvde 4 saat bekletildi. Deneyin son aşamasında hazırlanan toz (TiO_2) 3 saat 450°C 'de kalsine edildi.

Deney 2: (Etanol ile Hazırlanan TiO_2)

Bir beher içerisine 5g TTIP (Titanyum tetra izopropoksit) 15 ml etanol koyuldu ve 20 dk. karıştırıldı. Daha sonra başka bir beher içerisine 25 ml saf su ve 75 ml etanol koyuldu. Hazırlanan bu alkol-su çözeltisi büretten yavaş yavaş TTIP -alkol çözeltisi üzerine eklendi ve 24 saat karıştırıldı. Karışım olgunlaşabilmesi için bir süre dinlendirildi. Daha sonra 70°C 'lık etüvde 4 saat bekletildi. Deneyin son aşamasında hazırlanan toz (TiO_2) 3 saat 450°C 'lik fırında bekletilerek kalsine edildi.

Deney 3: (Nitrik Asit Katkılı TiO_2)

Bir balon içerisine 250 ml saf su kondu ve pH 2-3 olacak şekilde Nitrik asit koyuldu. Bir beher içerisine 5 ml TTIP ve 15 ml 2-propanol kondu 30 dk. karıştırıldı. Bu TTIP- alkol çözeltisi yavaş yavaş balonun içerisine boşaltıldı. Balona bir geri soğutucu takıldı sıcaklığı $60-70^\circ\text{C}$ arasında tutularak 48 saat ısıtıldı. Karışım olgunlaşabilmesi için bir süre dinlendirildi. Daha sonra 70°C 'lık etüvde 4 saat bekletildi. Deneyin son aşamasında hazırlanan toz (TiO_2) 3 saat 450°C 'lik fırında bekletilerek kalsine edildi.



Şekil 3.5 Deney 1 ve deney 2 nin TiO₂ sentezinin şematik olarak gösterimi

3.2.2 Uygulama (Fotokatalitik Aktiviteler)

Öncelikle 100 ml 10 ppm' lik metilen mavisi, salisilik asit ve fenol çözeltileri farmasötik kirletici olarak kullanılmak üzere hazırlandı. Bu kirletici ortamlara farklı miktarlarda ve farklı yöntemlerle sentezlenmiş olan (etanol, n-propanol, nitrik asit katkılı) ve ticari TiO₂ eklendi. Metilen mavisi, salisilik asit ve fenol çözeltileri 30 dakika reaktör içerisinde karanlık ortamda manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırıldı. Sonra karıştırmaya devam etmek suretiyle reaktör içerisindeki 9 W lık Uv- ışık kaynağı altında ortalama 2,5–3 saat ve her yarım saatte bir Uv-spektrofotometresinde absorbans ölçme işlemi yapıldı.

Alınan ölçümler;

- Absorbans-dalgaboyu
- Absorbans-zaman
- % giderim-zaman olarak grafiklere aktarıldı.

3.2.3 Çalışmada kullanılan farmasötik maddeler

3.2.3.1 Metilen mavisi

Metilen mavisi suda çözünen bir tiyazin boyasıdır. Kimyasal formülü $C_{32}H_{25}N_3Na_2O_9S_3$ 'tür. Oral yoldan üriner kanal antiseptiği olarak ve parenteral yoldan siyanid zehirlenmesinin veya ilaçların neden olduğu methemoglobineminin tedavisinde antidot olarak kullanılır (siyanür zehirlenmesinde etkinliği zayıf olduğundan amil nitrit ve sodyum nitrit tercih edilir) . Bu farmakolojik kullanımları dışında bakteriyolojide boyama işlemlerinde indikatör boya olarak ve gastroenterolojide gastrointestinal fistüllerin teşhisinde kullanılır. Metilen mavisi ilk kez 1890 yılında üriner antiseptik olarak sistit ve üretrit olgularında kullanılmıştır. Günümüzde daha etkili ilaçların bulunması nedeniyle artık bu amaçla kullanılmamaktadır. Metilen mavisi belirli virüs tiplerinin fotoinaktivasyonunda (polikromatik ışığa yardımcı olmak üzere) ve kutanöz viral enfeksiyonların tedavisinde de yararlıdır. Antiseptik etkisi nedeniyle göz, ağız, farenks ve cilde uygulanan antiseptik etkili bazı preparatların bileşiminde de yer alır.

Metilen mavisi oral yoldan verildiğinde gastrointestinal kanaldan absorpsiyonu iyidir. Dokularda hemen lökometilen mavisine indirgenir ve yaklaşık % 70 ' i idrarda lökometilen mavisi olarak bulunur. Bir bölümü safra yoluyla elimine olurken, küçük bir bölümü de idrarda değişmemiş halde bulunur. Lökometilen mavisi renksizdir , fakat ışık etkisi altında kaldığında metilenazüre oksitlenerek idrarın yeşil veya mavi bir renk almasına neden olur.

3.2.3.2 Fenol

Fenol benzen halkasına OH- molekülünün bağlanmasıyla oluşur. Aromatik halkaya bir ya da daha fazla hidroksil grubunun bağlandığı aromatik bileşiklerdir. Ampirik (kimyasal) formülü C_6H_6O şeklindedir.

Fenol antimikrobik bir koruyucu ajandır. Topikal ve parenteral farmasötik preparatlarda ve kozmetik ürünlerde kullanılır. Liyofilize preparatlarda koruyucu olarak kullanılmamalıdır.

Fenol karakteristik kokulu, renksiz ya da hafif pembe renkte, yakıcı, sivri uçlu kristaller ya da kristal kümeleri halinde bulunur. Havadan nem çekerek erir. Amerikan Farmakopesi (USP)'ye göre uygun bir stabilizan içerebilir. İngiliz Farmakopesi (BP)' ye göre çözünürlüğü: Suda çözünür; alkol, diklorometan ve gliserolde çok çözünür. Amerikan Farmakopesi (USP)' ye göre çözünürlüğü: Suda 1:15, sıvı parafinde 1:70 oranında çözünür; alkol, kloroform, eter, gliserol, sabit ve uçucu yağlarda çok çözünür. Doymuş sulu çözeltisinin pH 'sı 6,0 'dır. 15 °C ' yi aşmayan sıcaklıkta ve sıkıca kapalı hava geçirmeyen kaplarda saklanmalıdır. Işıktan korunmalıdır.

Fenol hava ve ışık etkisi ile renk değiştirerek kırmızı ya da kahverengi bir görünüm alır. Metalik safsızlıklar renk değişimi üzerinde etkilidir. Oksitleyici ajanlar renk değişimini hızlandırır. Alkali tuzları ve noniyonik yüzey aktif maddelerle geçimsizdir. Nötral ya da alkali solüsyonlarda demir tuzlarıyla reaksiyona girer ve sarımsı renkte bir kompleks oluşturur. Seyreltik iyot çözeltilerinde hidroiyodür ve iyodofenol bileşikler meydana gelir ve solüsyonun rengi açılır. Konsantre iyot solüsyonlarında ise çözünmeyen 2,4,6 -triiodofenol bileşiği oluşur.

Fenol albümin ve jelatinle geçimsizdir, bu maddelerin çökmesine neden olur. Kafur , mentol , timol , asetaminofen , fenasetin , kloralhidrat , fenazon , etilaminobenzoat , metenamin , fenilsalisilat , rezorsinol , terpin hidrat , sodyum fosfat bileşikleriyle de geçimsizdir. Suppozituarlarda kakao yağının yumuşamasına neden olur.

3.2.3.3 Salisilik asit

Salisilik asit, $C_6H_4(OH)CO_2H$ kimyasal formüllü bir beta hidroksi asittir.(BHA).2-hidroksibenzoik asit olarak kimyasal okunuşu vardır. Renksiz, kristal yapıdaki bu organik asit genellikle bitkisel hormon olarak kullanılır. Salisin metabolizmasının bir ürünüdür. Aspirin olarak adlandırılan asetil salisilik asitle benzer kimyasal özellikler taşır.

Molekül ağırlığı 138.1'dir. Kapalı formülü $C_7H_6O_3$ 'tür. Cas no: 69-72-7'dir. Yoğunluğu 1.44 g/cm³ tür. (20 °C' de). Ergime noktası 159 °C'dir. Kaynama noktası ise 211 °C'dir.

Salisik asit beyaz veya renksiz iğnemsiz kristaller veya beyaz tüysü kristal yapıları bir tozudur. Sentetik şekli beyaz ve kokusuzdur. Doğal metil salisilattan

hazırlandığında açık sarı veya uçuk pembe renktedir ve hafif nane kokusu vardır. Suda 1:460, kaynar suda 1:15, alkol ve eterde 1:3 ve kloroformda 1:45 oranında çözünür. Salisilik asit eczacılıkta akne, nasır ve siğil tedavisinde kullanılır. Salisilik asit 30 °C'nin altında oda sıcaklığında ve sıkıca kapalı hava geçirmeyen kaplarda saklanmalıdır. Ayrıca ışıktan korunmalıdır.

Bu çalışma sentez ve uygulama aşamalarından oluşmaktadır. Önce, yapılan farklı sentezleme metotları sonra, uygulama yöntemleri anlatıldı.

TTIP' den (Titanyum tetra izopropoksit) yola çıkılarak n-propanol ve etanol ile TiO_2 sentezi yapıldı. Elde edilen TiO_2 ' in farmasötik kirletici olarak kullandığımız salisilik asit, fenol ve metilen mavisi ile su ortamdan giderimi incelenmiştir.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Çalışma Sonucu Elde Edilen Veriler

Bu çalışmada zamana karşı ölçülen absorbans verileri ve hesaplanan % giderim oranları aşağıdaki tablolarda (4.1.1 – 4.1.15) sırayla verilmektedir.

Tablo 4.1 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 25 mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (dakika)	ABS	% GİDERİM
30	0,285	0
60	0,252	11,58
90	0,231	18,95
120	0,218	23,51

Şahit: 0,285

Tablo 4.2 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 50mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] absorbans, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (dakika)	ABS	%GİDERİM
30	0,270	2,17
60	0,219	20,65
90	0,209	24,27
120	0,199	27,90
150	0,188	31,88
180	0,180	34,78

Şahit: 0,276

Tablo 4.3 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 75 mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (dakika)	ABS	%GİDERİM
30	0,190	1,55
60	0,163	15,54
90	0,145	24,87
120	0,116	39,90
150	0,103	46,63
180	0,087	54,92
210	0,077	60,10

Şahit: 0,193

Tablo 4.4 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 25mg TiO₂ [etanol ile hazırlanan]absorbans zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (dakika)	ABS	%GİDERİM
30	0,277	0
60	0,259	6,50
90	0,227	18,10
120	0,213	23,10
150	0,211	23,83

Şahit: 0,277

Tablo 4.5 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 75mg TiO₂ [nitrik asit katkılı] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (dakika)	ABS	%GİDERİM
30	0,198	0
60	0,182	8,08
90	0,171	13,64
120	0,166	16,16
150	0,154	22,22

Şahit: 0,198

Tablo 4.6 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltisi / 25 mg TiO₂ [etanol ile hazırlanan] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (dakika)	ABS	%GİDERİM
30	0,336	7,44
60	0,276	23,97
90	0,202	44,35
120	0,183	49,59
150	0,147	59,50
180	0,133	63,36
210	0,129	64,46

Şahit: 0,363

Tablo 4.7 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltisi / 25 mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (dakika)	ABS	%GİDERİM
30	0,275	1,08
60	0,159	42,81
90	0,124	55,39
120	0,116	58,27
150	0,100	64,03
180	0,089	67,98

Şahit: 0,278

Tablo 4.8 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltisi / 25 mg TiO₂ [Ticari] absorbands , zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (dakika)	ABS	%GİDERİM
30	0,295	0
60	0,260	11,86
90	0,235	20,34
120	0,195	33,90
150	0,183	37,97
180	0,160	45,76

Şahit: 0,295

Tablo 4.9 10 ppm 100 ml Salisilik Asit çözeltisi / 25 mg TiO₂ [nitrik asit katkılı] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (dakika)	ABS	% GİDERİM
30	0,283	0
60	0,222	21,55
90	0,195	31,09
120	0,170	39,93
150	0,156	44,88
180	0,125	55,83
210	0,120	57,60

Şahit: 0,283

Tablo 4.10 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltisi / 25 mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (DAKİKA)	ABS	% GİDERİM
30	0,457	0
60	0,063	86,21
90	0,019	95,84
120	0,012	97,37
150	0,005	98,90

Şahit: 0,457

Tablo 4.11 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltisi / 25 mg TiO₂ [etanol ile hazırlanan] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (DAKİKA)	ABS	% GİDERİM
30	0,457	0
60	0,077	83,15
90	0,026	94,31
120	0,018	96,06
150	0,009	98,03

Şahit: 0,457

Tablo 4.12 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltisi / 50 mg TiO₂ [etanol ile hazırlanan] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (DAKİKA)	ABS	% GİDERİM
30	0,429	0
60	0,184	57,11
90	0,074	82,75
120	0,040	90,67
150	0,022	94,87
180	0,022	94,87

Şahit: 0,429

Tablo 4.13 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltisi / 50 mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (DAKİKA)	ABS	% GİDERİM
30	0,429	0
60	0,247	42,42
90	0,148	65,50
120	0,075	82,52
150	0,043	89,97
180	0,027	93,71

Şahit: 0,429

Tablo 4.14 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltisi / 75 mg TiO₂ [etanol ile hazırlanan] absorbands, zaman ve % giderim tablosu

ZAMAN (DAKİKA)	ABS	% GİDERİM
30	0,466	0
60	0,055	88,20
90	0,039	91,63
120	0,014	96,99
150	0,014	96,99

Şahit: 0,466

Tablo 4.15 10 ppm 100 ml Metilen Mavisi çözeltisi / 75 mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] absorbens, zaman ve % giderim tablosu

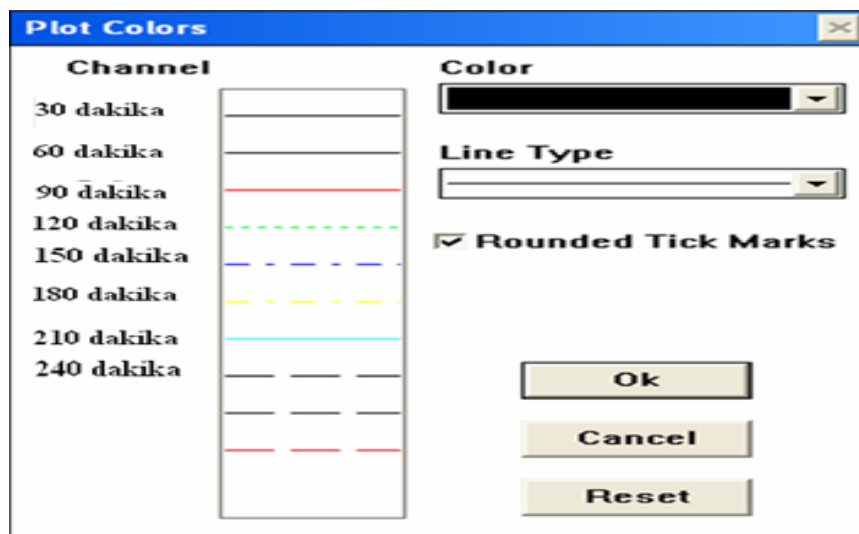
ZAMAN (DAKİKA)	ABS	% GİDERİM
30	0,466	0
60	0,051	89,05
90	0,020	95,71
120	0,020	95,71
150	0,013	97,21

Şahit: 0,466

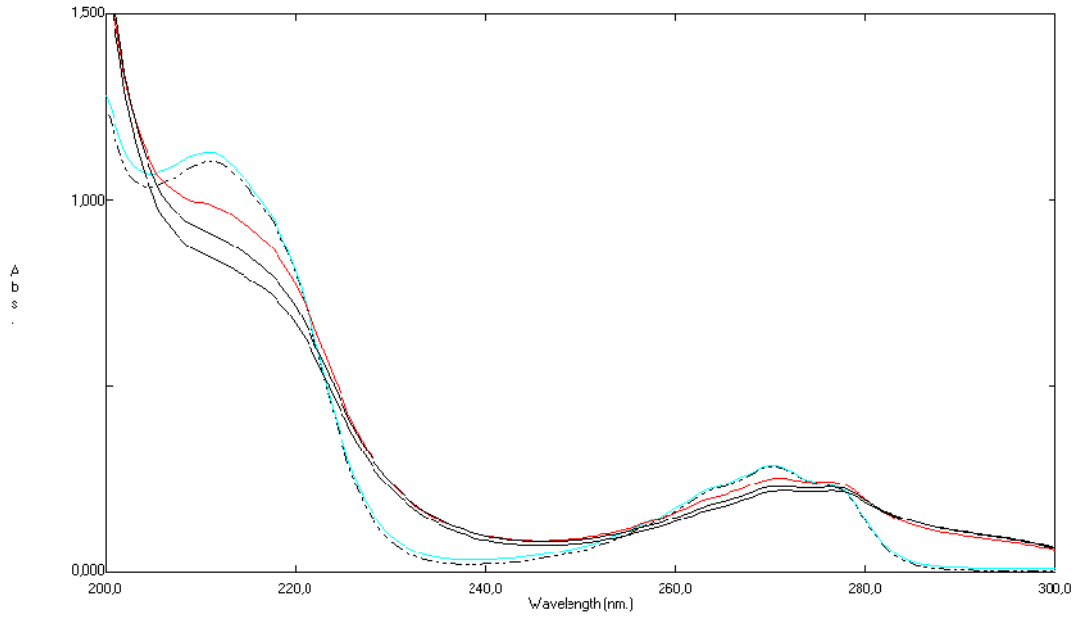
4.2. Verilerin Grafikselsel Değerlendirilmesi

4.2.1. Absorbans-dalga boyu grafikleri

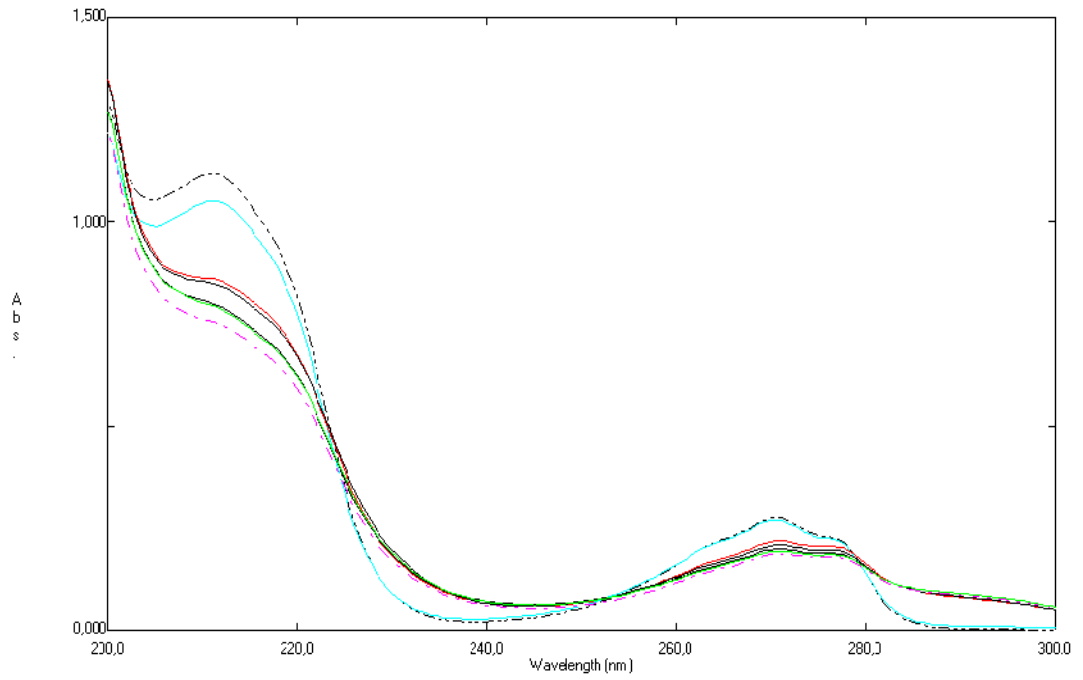
Aşağıdaki grafiklerde dalga boyuna karşılık absorbens verilerinin zamanla değişimi gösterilmiştir. Farklı zaman aralıklarına karşı (0, 30, 60, 90, 120, 150,) çizelgedeki renkler tanımlanmıştır. Böylece zamana karşı ilgili maddenin dalga boyundaki absorbens değişimleri gözlemlenebilmiştir. Bütün Uv-spektrofotometri grafiklerde aşağıdaki seriler kullanılmıştır.



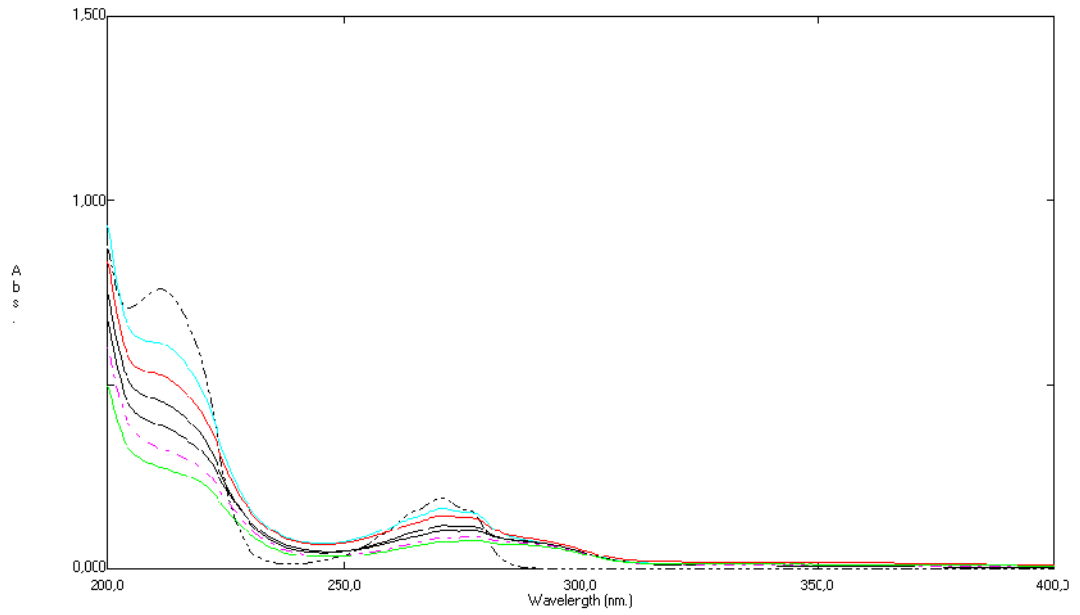
Şekil 4.1 Spektrofotometride absorbens ölçütleri



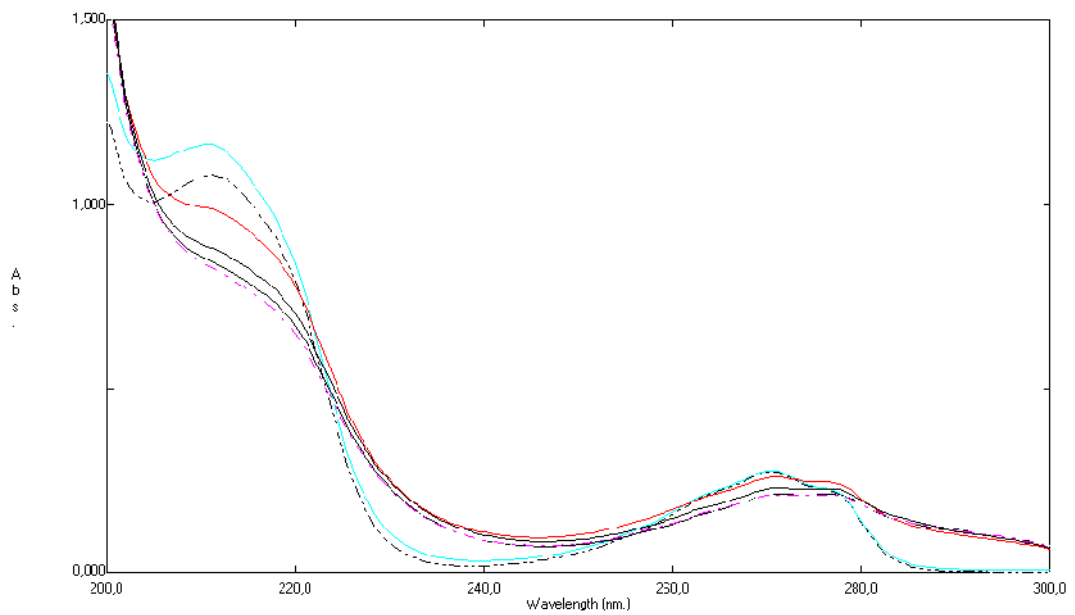
Grafik 4.1 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 25mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği



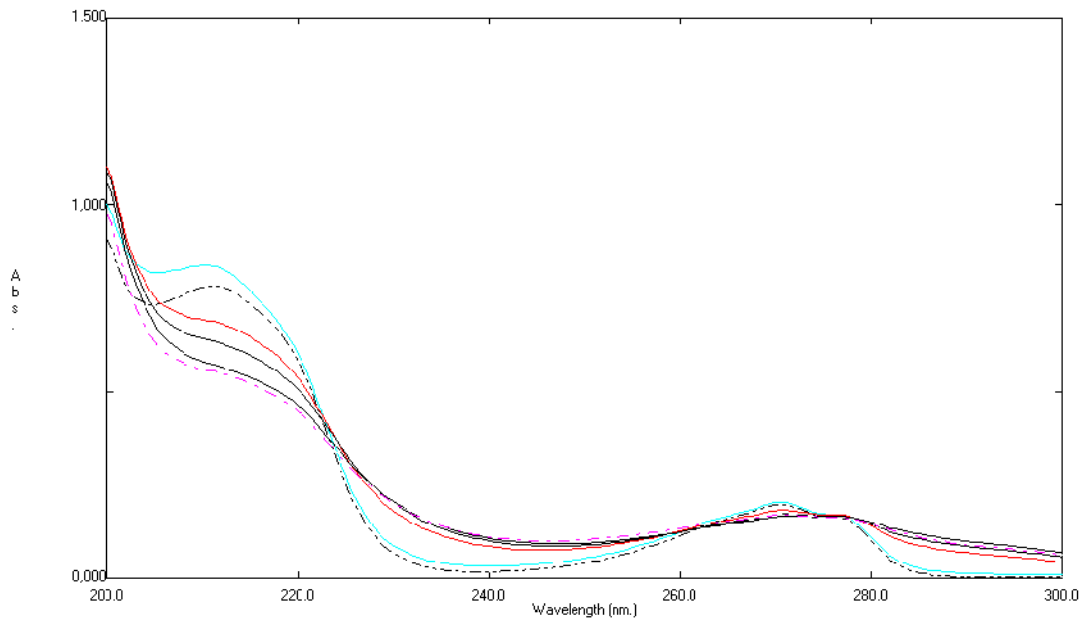
Grafik 4.2 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 50mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği



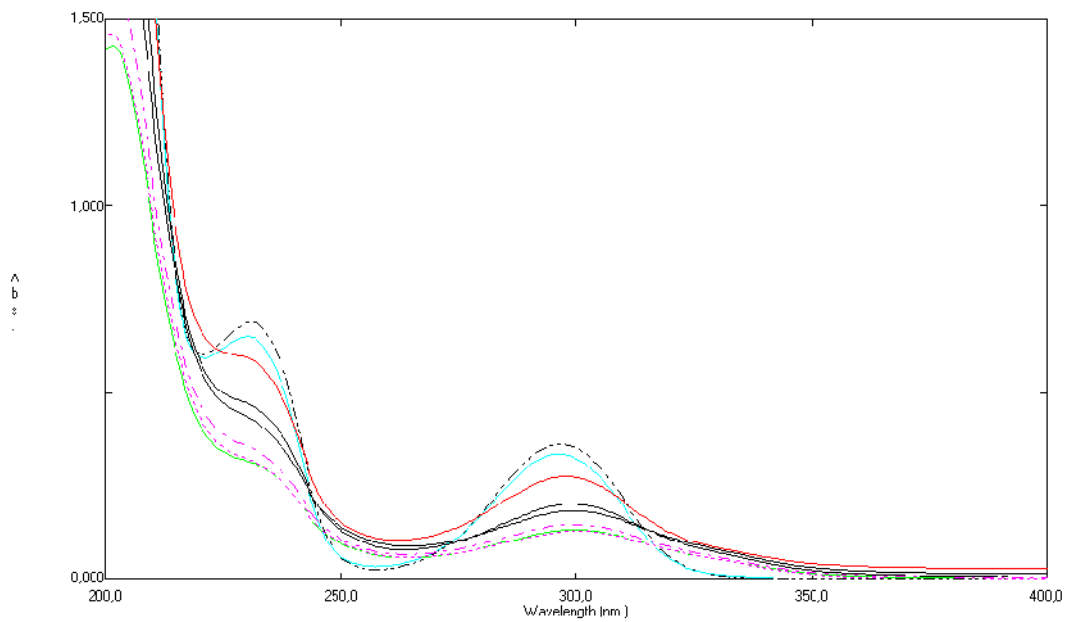
Grafik 4.3 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 75 mg TiO_2 [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği



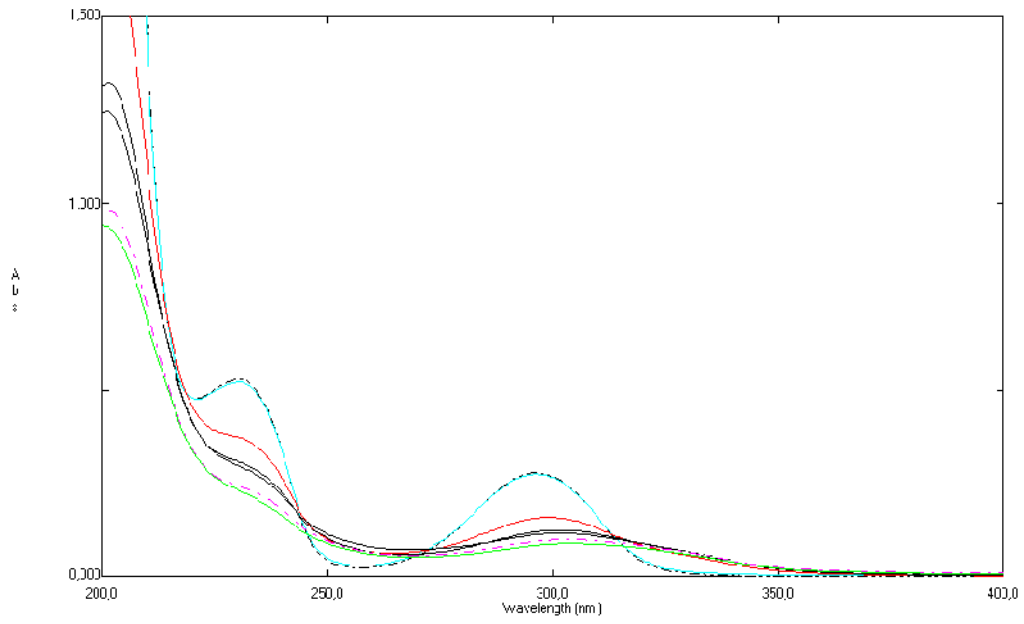
Grafik 4.4 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 25mg TiO_2 [etanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği



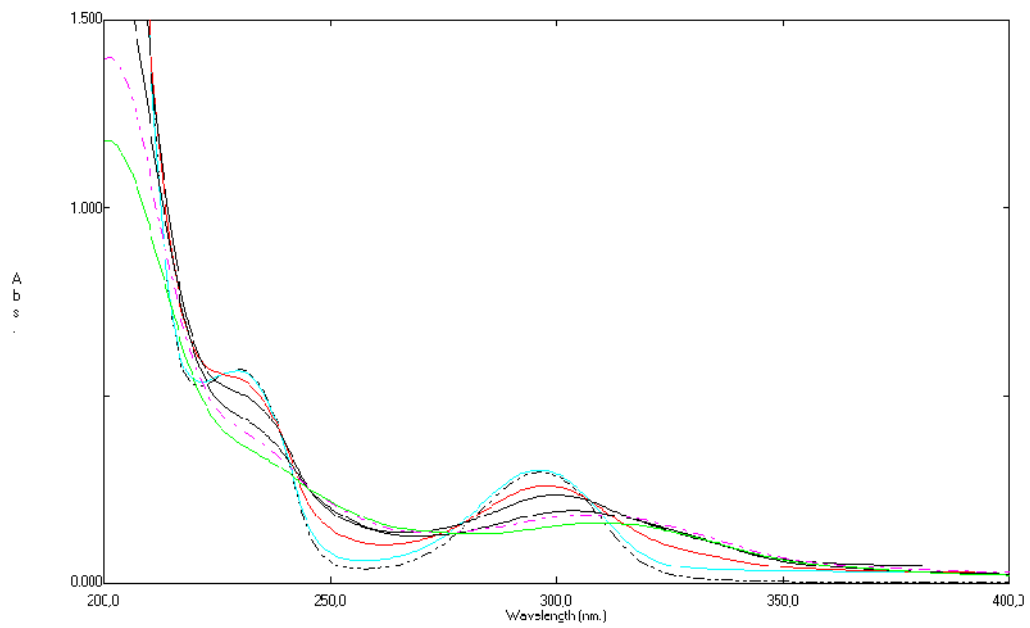
Grafik 4.5 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi / 75mg TiO₂ [nitrik asit katkılı] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği



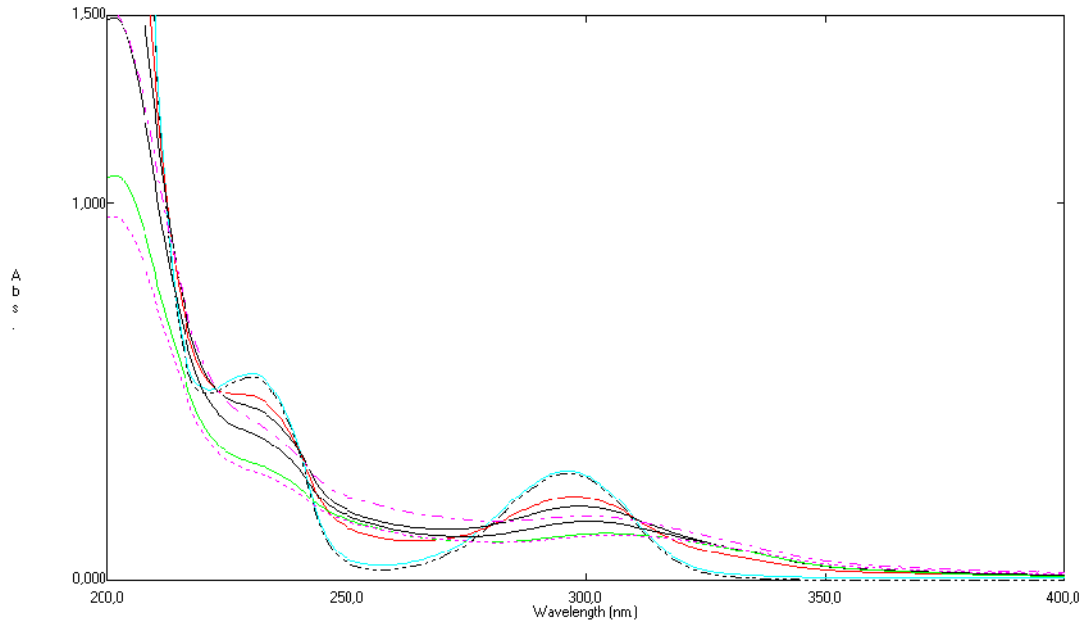
Grafik 4.6 10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisi / 25 mg TiO₂ [etanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği



Grafik 4.7 10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisi / 25 mg TiO₂ [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği

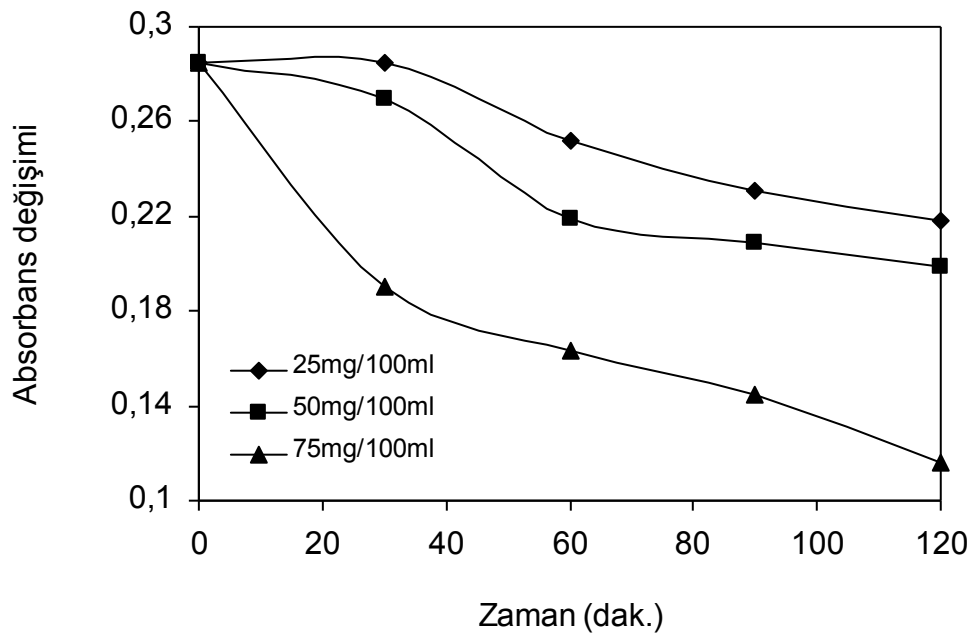


Grafik 4.8 10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisi / 25 mg TiO₂ [ticari] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği

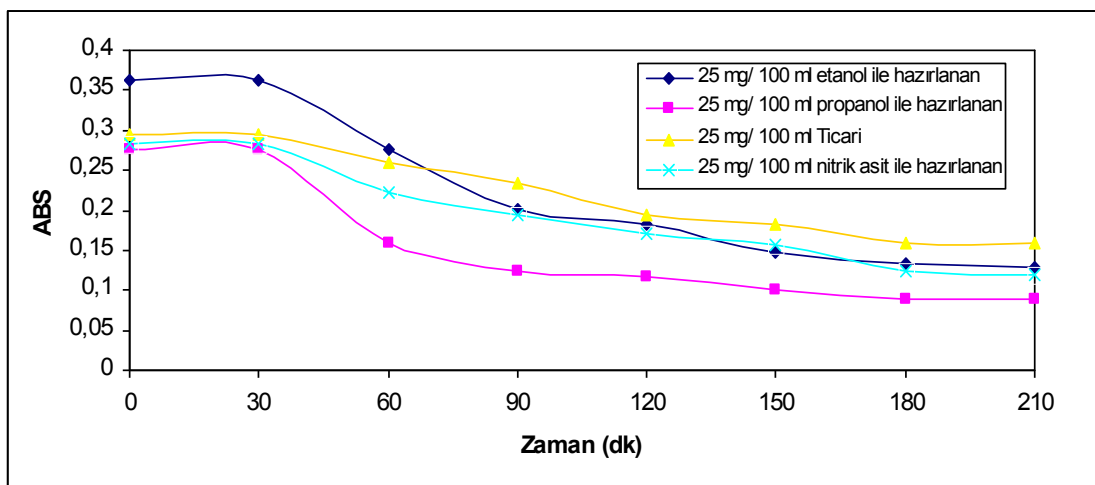


Grafik 4.9 10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisi / 25 mg TiO₂ [nitrik asit katkılı] ile hazırlanan sistemin UV-spektrofotometri grafiği

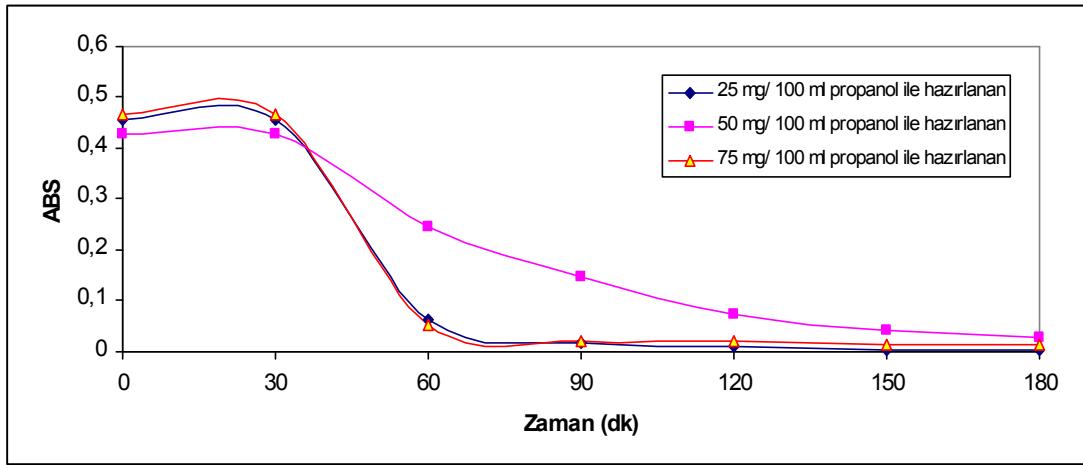
4.2.2 Absorbans – zaman grafikleri



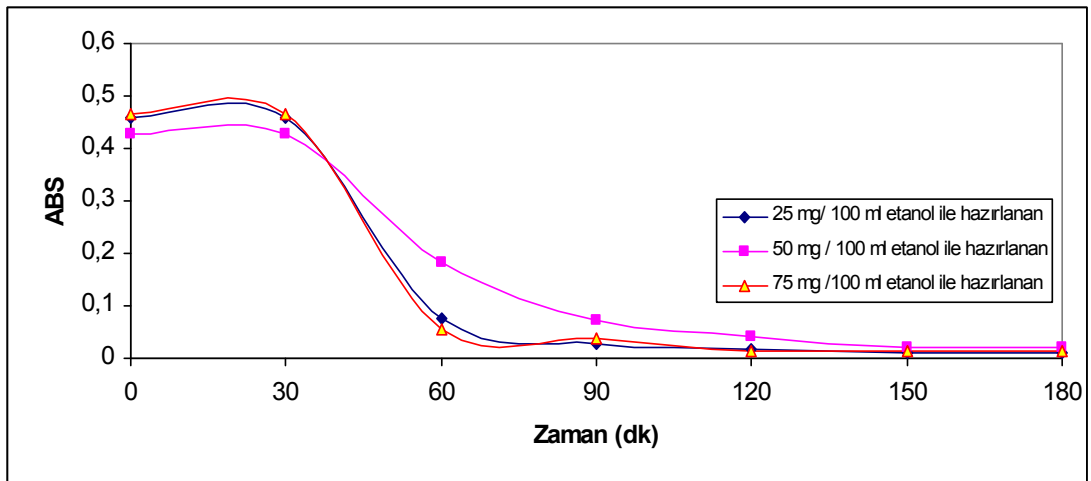
Grafik 4.10 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi içerisine 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin Absorbans-Zaman grafiklerinin karşılaştırılması



Grafik 4.11 10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisi/ 25'er mg TiO_2 [etanol ve propanol ile hazırlanan, nitrik asit katkılı ve ticari] ile hazırlanan istemlerin absorbans-zaman grafiklerinin karşılaştırılması



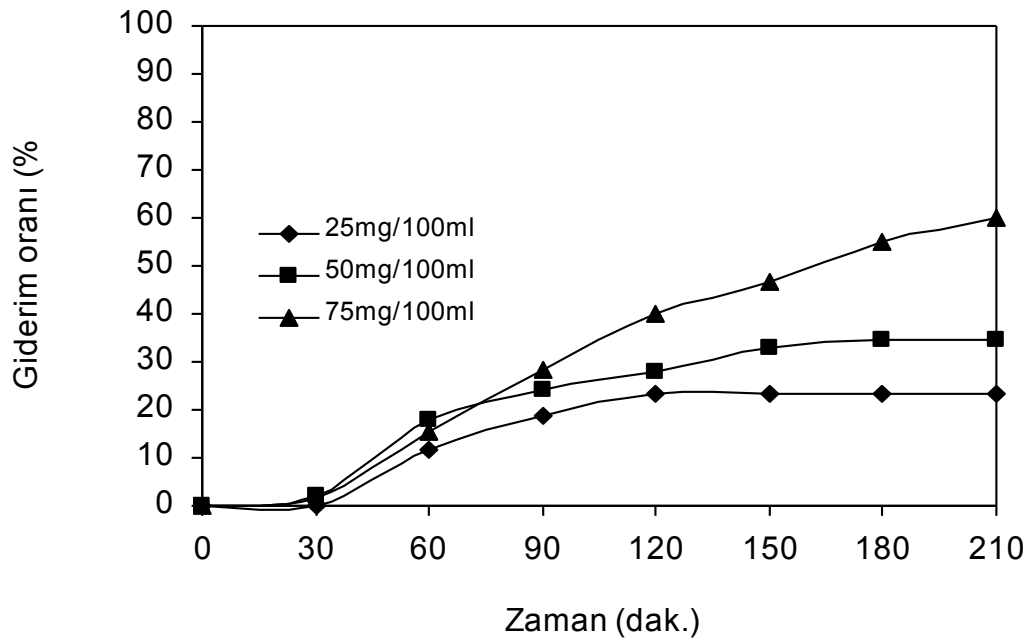
Grafik 4.12 10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltileri içerisinde 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin absorbans-zaman grafiklerinin karşılaştırılması



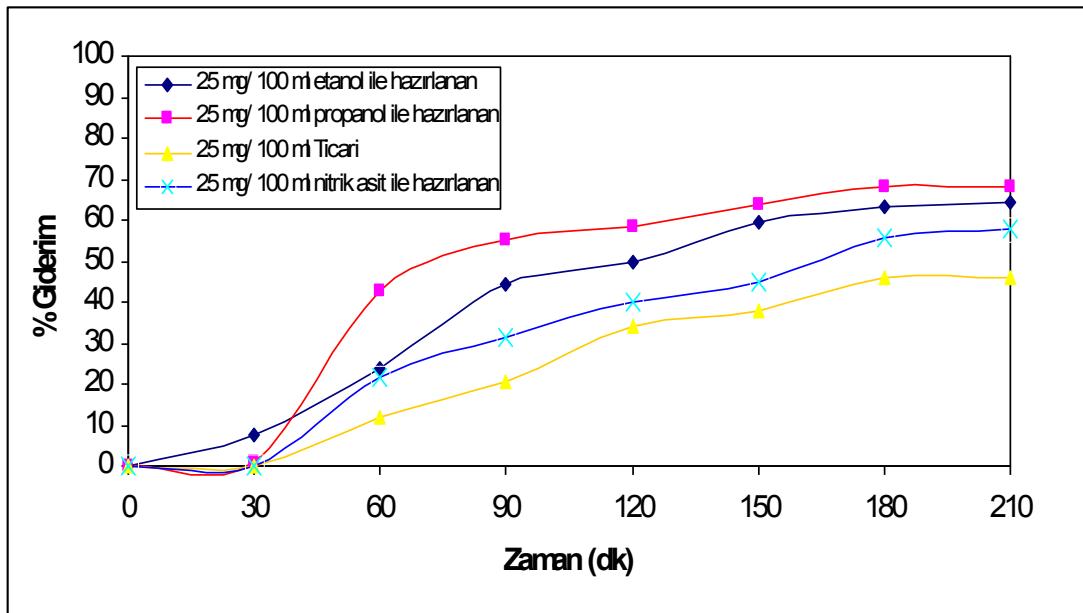
Grafik 4.13 10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltileri içerisinde 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [etanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin absorbans-zaman grafiklerinin karşılaştırılması

4.2.3 Yüzde giderim - zaman grafikleri

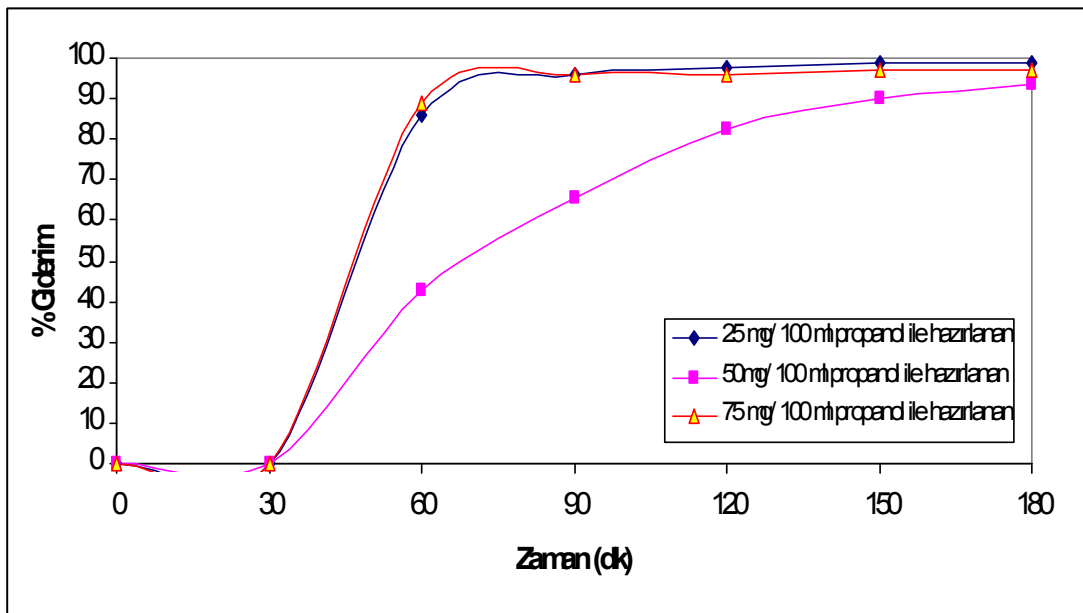
Aşağıdaki grafiklerde zamana karşılık % giderim verilerinin zamanla değişimi gösterilmiştir. Farklı zaman aralıklarına karşı (0, 30, 60, 90, 120, 150,) çizelgedeki renkler tanımlanmıştır. Böylece zamana karşı ilgili maddelerin % giderimleri gözlemlenebilmiştir.



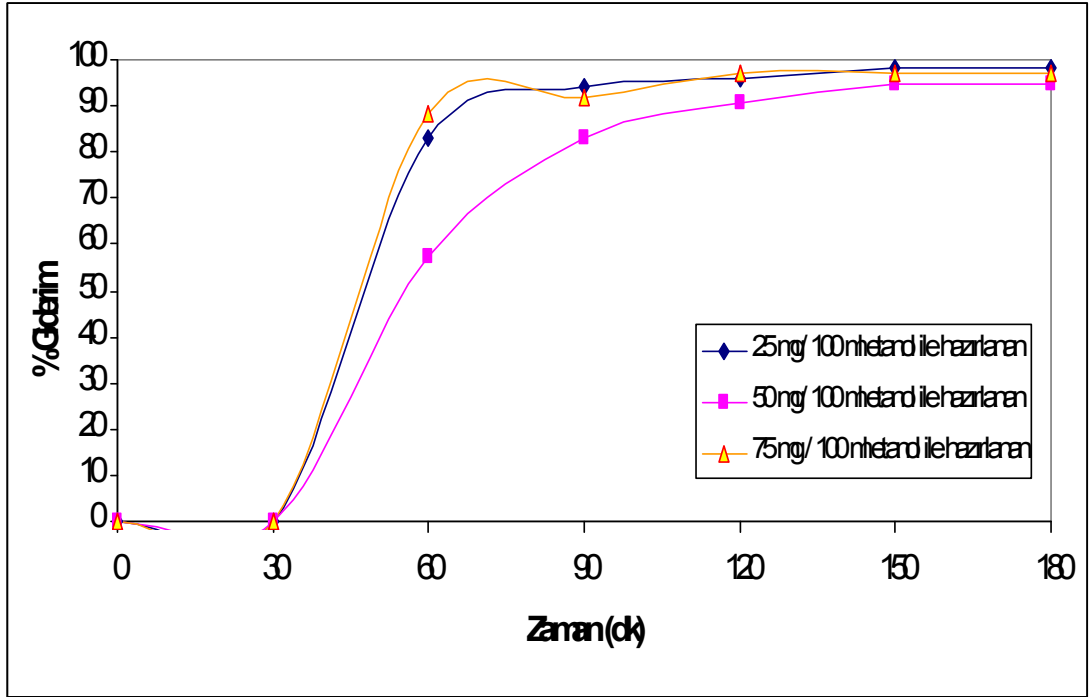
Grafik 4.14 10 ppm 100 ml fenol çözeltisi içerisine 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin % giderim-zaman grafiklerinin karşılaştırılması



Grafik 4.15 10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltileri içerisinde 25'er mg TiO_2 [etanol ile hazırlanan, propanol ile hazırlanan, nitrik asit katkılı ve ticari] ile hazırlanan sistemlerin % giderim-zaman grafiklerinin karşılaştırılması



Grafik 4.16 10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltileri içerisinde 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [propanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin % giderim-zaman grafiklerinin karşılaştırılması



Grafik 4.17 10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltileri içerisine 25 mg, 50 mg ve 75 mg TiO_2 [etanol ile hazırlanan] ile hazırlanan sistemlerin % giderim-zaman grafiklerinin karşılaştırılması

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada farmasötik madde olarak fenol, salisilik asit ve metilen mavisi kullanılmıştır. Farklı koşullarda hazırlanan TiO_2 maddesi fenol, salisilik asit ve metilen mavisi ile ışık altında etkileştirilmiştir. Bu kısımda bu maddelerin farklı koşullar altındaki davranışları tartışılacaktır.

Tablo 4.1. –4.15 arasındaki çizelgelerde zamana karşı absorbans ve % giderim değerleri verilmiştir.

Tablo 4.1 – 4.5 arasında fenol giderim oranları; Tablo 4.6 – 4.9 arasında salisilik asit giderim oranları; Tablo 4.10 – 4.15 arasında ise metilen mavisi giderim oranları verilmiştir.

Grafik 4.1 ile 4.9 arasında ise fenol ve salisilik asit dalga boyu tarama spektrumları verilmiştir. Bu veriler her 30 dakikada bir alınmıştır.

Daha sonra maksimum absorbans gösterdiği dalga boyundaki ölçümü esas alınarak % giderim değerleri hesaplanmıştır.

Grafik 4.10’de fenol için; grafik 4.11’de salisilik asit için; Grafik 4.12 ve 4.13’te de metilen mavisi için absorbans-zaman grafikleri verilmiştir.

Grafik 4.14’de fenol için; Grafik 4.15’de salisilik asit için;Grafik 4.16 ile 4.17 de metilen mavisi için % giderim oranları gösterilmiştir.

5.1 Fenolün Fotokatalitik Giderim Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu kısımda 10 ppm 100 ml fenol çözeltisine, değişik miktarlarda, propanol ile elde edilmiş TiO_2 ilave ederek fotokatalitik deneyler gerçekleştirilmiştir. 25 mg, 50 mg ve 75 mg.lık TiO_2 kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar; Grafik 4.2.3.1’de gösterilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında en fazla % giderimin 75 mg.lık TiO_2 ile elde edildiği görülmüştür (maksimum giderim oranı %60,10). 25 mg ve 50 mg TiO_2 ile yapılan deneylerde giderim oranlarının daha düşük olduğu dolayısıyla daha düşük verimler elde edildiği gözlemlenmiştir (sırasıyla %23,51 ve %34,78). En yüksek verimler deneyin 180. ve 210. dakikalarda elde edilmiştir. Daha sonraki dakikalarda alınan örneklerde ölçümler değişmediğinden; ölçüm alınması yapılmamıştır. 75 mg TiO_2 ile yapılan denemede 75. dakikadan sonra artış devam etmektedir ve 210.

dakikada maksimum giderim değerine ulaşılmıştır. 25 ve 50 mg.lık TiO_2 ile yapılan denemelerde ise 75. dakikadan sonra neredeyse giderimde bir değişme olmamış ve grafik yatay bir seyir izlemiştir.

5.2 Salisilik Asidin Fotokatalitik Giderim Sonuçlarının Değerlendirilmesi

10 ppm 100 ml salisilik asit çözeltisinin 25 mg.lık (etanol ile hazırlanmış) TiO_2 , 25 mg.lık (propanol ile hazırlanmış) TiO_2 , 25 mg nitrik asit katkılı TiO_2 ve 25 mg ticari TiO_2 ile ayrı ayrı fotokatalitik bozundurulması gerçekleştirilmiştir. İlgili grafiklere bakıldığında sonuçlar karşılaştırılmış ve en yüksek giderim oranının propanol katkılı TiO_2 ile elde edildiği görülmüştür. En düşük verim Ticari TiO_2 ile elde edilmiştir. Giderim oranları azalışı sırasıyla;

- Propanol ile hazırlanmış TiO_2 (%67,98)
- Etanol ile hazırlanmış TiO_2 (% 64,46)
- Nitrik asit katkılı TiO_2 (% 57,60)
- Ticari TiO_2 (% 45,76) şeklinde elde edilmiştir.

En yüksek verim alınan propanol katkılı TiO_2 ile yapılan çalışmada 60. dakikadan itibaren giderim hızı yatay hale gelmiştir. 180. dakikada maksimum verime ulaşılmıştır. Etanol katkılı TiO_2 ile yapılan çalışmada ise 90. dakikadan sonra giderim hızı yavaşlamıştır.

5.3. Metilen Mavisi Fotokatalitik Giderim Sonuçlarının Değerlendirmesi

Yapılan çalışmada 10 ppm 100 ml metilen mavisi çözeltisinin ; propanol ve etanol ile hazırlanmış TiO_2 ile fotokatalitik bozundurulması gerçekleştirilmiştir.

Sonuçların değerlendirilmesinde, farklı yollarla elde edilmiş TiO_2 'in % giderim oranlarının kıyaslanabileceği gibi bu maddelerin değişik miktarlarının da % giderim oranına etkisi kıyaslanabilir. Bunun için etanol ve propanol ile hazırlanmış TiO_2 'den 25, 50 ve 75 mg.lık miktarlar alınıp fotokatalitik etkileri kıyaslanmaya çalışılmıştır.

Diğer deneylerde olduğu gibi bu deneyde de ilk 30 dakikalık süreç karanlık ortamda gerçekleştirilmiştir. Bu 30 dakikalık süreçlerde absorbans değerlerinde herhangi bir değişim kaydedilmemiştir. Dolayısıyla deneyin başındaki absorbans değerleri

korunmuş, bir giderim gerçekleşmemiştir. 25 mg (etanol ile hazırlanmış) TiO_2 ve 25 mg (propanol ile hazırlanmış) TiO_2 'in % giderim değerleri kıyaslandığında grafiklerin birbirine yakın olduğunu gözlemlenmiştir. Etanol ile hazırlanmış TiO_2 'in en yüksek giderim oranı % 98.03 iken aynı miktarda, propanol ile hazırlanmış TiO_2 'in en yüksek giderim oranı % 98.90 olarak tespit edilmiştir. Her iki maddenin oluşturulan % giderim grafiklerinde, 60. dakikadan sonra giderim hızının yavaşladığı görülmüştür. 150. dakikalarda ise maksimum verim olan % 98.03 ve % 98.90 değerlerine ulaşılmıştır.

Aynı maddelerin 50 mg.lık miktarlarının grafikleri incelendiğinde ise yine sonuçların birbirine paralel ve yakın olduğu gözlemlenmiştir. 60. dakikadan sonra % giderim hızlarının yavaşladığı ve 180. dakikada maksimum % giderim değerlerine ulaşıldığı belirlenmiştir. 50 mg (propanol ile hazırlanmış) TiO_2 'in maksimum giderim oranı 180. dakikada % 93.71 iken 50 mg (etanol ile hazırlanmış) TiO_2 'in 180. dakikada maksimum giderim oranı % 94.87 olmuştur. 75 mg (etanol ile hazırlanmış) TiO_2 ile 75 mg (propanol ile hazırlanmış) TiO_2 'in % giderim değerleri de birbirine yakındır. 60. dakikadan itibaren % giderim hızları yavaşlarken; maksimum giderim oranları 150. dakikada elde edilmiştir. 150. dakikada 75 mg (etanol ile hazırlanan) TiO_2 'in maksimum % giderim oranı % 96.99 dur. 150. dakikada 75 mg (propanol ile hazırlanan) TiO_2 'in maksimum % giderim oranı % 97.21'dir. 25, 50, 75 mg (etanol ile hazırlanmış) TiO_2 'in metilen mavisi ile % giderim hızları incelendiğinde, 60. dakikadan itibaren giderim hızlarının yavaşladığı görülmektedir. 25 ve 75 mg TiO_2 150. dakikada maksimum giderim oranlarına ulaşırken, 50 mg TiO_2 ile yapılan deneyde 180. dakikada maksimum giderim değerine ulaşılmıştır. Maksimum giderim değerleri kıyaslandığında; aşağıdaki gibi sıralama oluştuğu görülecektir.

- 25 mg TiO_2 (% 98,03)
- (75 mg) TiO_2 (% 96,99)
- 50 mg TiO_2 (%94,87)

25 mg, 50 mg ve 75 mg propanol ile hazırlanan TiO_2 'in metilen mavisi ile giderim hızları incelendiğinde 60. dakikadan sonra giderim hızlarının yavaşladığı görülmüştür. 25 mg ve 75 mg.lık TiO_2 maksimum giderim oranına 150. dakikada ulaşırken 50 mg TiO_2 maksimum giderim oranına 180. dakikada ulaşmıştır.

Maksimum giderim değerleri kıyaslandığında; aşağıdaki gibi sıralama olduğu görülecektir.

- 25 mg TiO_2 (% 98,90)
- 75 mg TiO_2 (% 97,21)
- 50 mg TiO_2 (% 93,71)

Bu çalışmada kullanılan fenol, salisilik asit ve metilen mavisinin genel olarak giderim miktarlarını kıyaslamak gerekirse;

25 mg propanol ile hazırlanan TiO_2 'in bu maddelerin 10 ppm 100 ml lik çözeltileri fotokatalizlendiğinde;

1) Fenol, salisilik asit ve metilen mavisinin maksimum giderim oranları sırayla 120. , 150. ve 180. dakikalarda gerçekleşmiştir.

2)Bu üç farmasotik maddenin fotokatalitik parçalanma verimleri karşılaştırıldığında

- Metilen mavisi giderimi (% 98,90)
- Salisilik asit giderimi (% 67,98)
- Fenol giderimi(% 23,51) şeklinde olduğu görülür.

5.4.Elde Edilen Bulgulardan Varılan Sonuçlar:

- Grafiklerde de görüldüğü gibi fenol, salisilik asit ve metilen mavisinden daha zor fotokatalize uğramaktadır. Bu da fenolün yapısındaki bağların diğer maddelere göre daha güçlü olduğunu göstermektedir.
- Genelde giderim oranları kullanılan TiO_2 miktarıyla artış göstermekte, ancak bu belirli bir orandan sonra (75 mg) artış göstermemektedir. Bu da partikül yoğunluğunun artması ile çözelti içinde ışığın geçişini engellemesi ve aktiviteyi düşürmesi şeklinde de yorumlanabilir.
- Yapılan çalışmalarda ticari TiO_2 'in en az aktivite gösterdiği görülmektedir. Dolayısıyla piyasada satılan TiO_2 'in laboratuarda sentezlenen (etanol ve propanol ve nitrik asit ile) TiO_2 'den daha düşük aktivite göstermesi nedeniyle, uygulamada kullanılması uygun değildir.
- Hazırlanan bu ışığa duyarlı malzemelerin deney sırasında bu farmasötik maddeleri absorblamadığı ilk 30 dakikalık sürelerden anlaşılmaktadır.

- TiO_2 'nin karanlık ortamda farmasötik maddeler üzerinde fotokatalitik özellik göstermediği, ilk 30 dakika sonrasında ışıkla birlikte parçalanmaya başladığını,
- Çevresel açıdan tehlikeli olabilecek bu farmasötik maddelerin doğaya zarar vermeyen, daha az enerji gerektiren bir yöntemle giderilebileceği,
- Bu çalışmalar her ne kadar 9 W UV ışın kaynağıyla gerçekleştirilmiş olsa da gelecek çalışmalarda uv ışık yerine güneş ışığının denenmesi ile daha çevre dostu bir yöntemle, doğal kaynakların korunmasının etkin şekilde sağlanabileceği,
- Parçalanma ürünlerinin daha ayrıntılı çalışmalarla (GC- MS) tanımlanması gerektiği,
- Daha yüksek aktiviteye sahip daha etkin TiO_2 sentezlenebileceği,
- Gelecekte ikili ve üçlü farklı fotoaktif maddeler ile daha etkin verimli yarı iletken kompozitlerin hazırlanabileceği,
- Parçalanma ürünlerinin sadece absorpsiyon ile değil, daha farklı parçalanma metodları (COD, TOC) ile de değerlendirilmesi gerektiği,
- Benzer çalışmaların güneş ışığı ve farklı farmasötik maddeler ile gerçekleştirilip daha az enerji harcayan sistemlerin geliştirilmesi

Gelecekte yapılması gereken çalışmalardır.

KAYNAKLAR

- Anpo, M., Kawamura, T., Kodama, S., Maruya, K. ve Onishi, T., 1988. Photocatalysts on Ti-Al Binary Metal Oxides: Enhancement of the Photocatalytic Activity of TiO₂ Species. *Journal of Physical Chemistry*, 92(2) : 438-440.
- Burda, C., Lou, Y., Chen, X., Samia, A.C.S., Stout, J. ve Gole, J.L., 2003. Enhanced Nitrogen Doping in TiO₂. *Nano Letters*, 3,(8) : 1049-1051.
- Clement, J.L. ve Jarrett, P.S., 1994. Antibacterial Silver. *Metal-Based Drugs*, 1(5-6) 467-482.
- E. D. Şam, M. Ürgen, F. Z. Tepehan Dvoranová, D., Brezová, V., Mazúr, M. ve Malati,M.A.,2002. Investigations of Metal-Doped Titanium Dioxide Photocatalysts, *Applied Catalysis B: Environmental*, 37,(2) : 91-105.
- Feng, Q.L., Wu, J., Chen, G.Q., Cui, F.Z., Kim, T.N., Kim, J.O., 2000 . A Mechanistic Study of the Antibacterial Effect of Silver ions on Escherichia coli and Staphylococcus Aureus. *Journal of Biomedical Materials Research*, 52,(4) : 662-668.
- Frank, S.N. ve Bard, A.J., 1977 . Heterogeneous Photocatalytic Oxidation of Cyanide Ion in Aqueous Solution at TiO₂ Powder. *Journal of American Chemical Society*, 99,(1) : 303-304.
- Fu, G., Vary, P.S. ve Lin, C-T., 2005 . Anatase TiO₂ Nanocomposites for Antimicrobial Coatings, *Journal of Physical Chemistry B*,. 109 (18) : 8889-8898.
- Fujishima, A. ve Honda, K., 1972. Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode. *Nature*, 238,(5358) : 37-38.
- Fujishima, A., Hashimoto, K. ve Watanabe, T., 1999 . *TiO₂ Photocatalysis, Fundamentals and Applications*, BKC, Inc Publishers, Japan.
- Fujishima, A., Rao, T.N. ve Tryk, D.A., 2000a . TiO₂ Photocatalysts and Diamond Electrodes, *Electrochimica Acta*, 45, (28) : 4683-4690.
- Fujishima, A., Rao, T.N. ve Tryk, D.A.,. 2000b .Titanium Dioxide Photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 1, 1-21.
- Hattori A. ve Tada H., 2001 . High Photocatalytic Activity of F-Doped TiO₂ Film on Glass. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 22(1-2) : 47-52.
- He, C., Yu, Y., Hu, X. ve Larbot, A., 2002 . Influence of Silver Doping on the Photocatalytic Activity of Titania Films. *Applied Surface Science*, 200 (1-4) : 239-247.
- Heller, A., 1995 . Chemistry and Applications of Photocatalytic Oxidation of Thin Organic Films, *Accounts of Chemical Research*, 28 (12): 503-508.
- Hirano, M., Nakahara, C., Ota, K., Tanaike, O. Ve Inagaki, M., 2003 . Photoactivity and Phase Stability of ZrO₂-Doped Anatase-Type TiO₂ Directly Formed as Nanometer-Sized

Particles by Hydrolysis under Hydrothermal Conditions. *Journal of Solid State Chemistry*, 170 (1) : 39-47.

Hoffmann, M.R., Martin, S.T., Wonyong Choi, W. ve Bahnemann, D.W., 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Reviews*, 95(1) : 69-96.

Huang, Z., Maness, P-C., Blake, D.M., Wolfrum, E.J., Smolinski, S.L. ve Jacoby, W.A., 2000. Bactericidal Mode of Titanium Dioxide Photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 130(2-3) : 163-170.

Irie, H., Watanabe, Y. ve Hashimoto, K., 2003. Nitrogen-Concentration Dependence on Photocatalytic Activity of $\text{TiO}_2\text{-xN}_x$ Powders. *Journal of Physical Chemistry B*, 107(23) : 5483-5486.

Iwasaki, M., Hara, M., Kawada, H., Tada, H. ve Ito, S., 2000. Cobalt Ion-Doped TiO_2 Photocatalyst Response to Visible Light. *Journal of Colloid and Interface Science*, 224(1) : 202-204.

Jeon, H-J., Yi, S-C. ve Oh, S-G., 2003. Preparation and Antibacterial Effects of Ag-SiO₂ Thin Films by Sol-Gel Method. *Biomaterials*, 24 (27) : 4921-4928.

Jiang, H. ve Gao, L., 2003. Enhancing the UV Inducing Hydrophilicity of TiO_2 Thin Film by Doping Fe Ions. *Materials Chemistry and Physics*, 77 (3) : 878-881.

Karakitsou, K.E. ve Verykios, X.E., 1993. Effects of Altrivalent Cation Doping of TiO_2 on Its Performance as a Photocatalyst for Water Cleavage. *Journal of Physical Chemistry*. 97(6) : 1184-1189.

Katsumata, K., Nakajima, A., Yoshikawa, H., Shiota, T., Yoshida, N., Watanabe, T., Kameshima, Y. ve Okada, K., 2005. Effect of Microstructure on Photoinduced Hydrophilicity of Transparent Anatase Thin Films. *Surface Science*, 579 (2-3): 123-130.

Lee, H.Y., Park, Y.H. ve Ko, K.H., 2000. Correlation between Surface Morphology and Hydrophilic/Hydrophobic Conversion of MOCVD- TiO_2 Films. *Langmuir*. 16 (18) : 7289-7293.

Li, Z., Hou, B., Xu, Y., Wu, D., Sun, Y., Hu, W. Ve Deng, F., 2005. Comparative Study of Sol-Gel-Hydrothermal and Sol-Gel Synthesis of Titania-Silica Composite Nanoparticles. *Journal of Solid State Chemistry*. 178 (5) : 1395-1405.

Linsebigler, A.L., Lu, G., Yates, J.T., 1995. Photocatalysis in TiO_2 Surfaces: Principles, Mechanism, and Selected Results. *Chemical Reviews*, 95 (3) : 735-758.

Machida, M., Norimoto, K., Watanabe, T., Hashimoto, K. ve Fujishima, A., 1999. The Effect of SiO₂ Addition in Super-Hydrophilic Property of TiO_2 Photocatalyst. *Journal of Materials Science*. 34 (11) : 2569 - 2574.

Güler Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1994. *Su Kirliliği.: Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No 12, Birinci Baskı , Ankara*

Güney, E., 2003. *Çevre ve İnsan (Toplum Doğa İlişkileri)*. Çantay Kitabevi, İstanbul.

Karakaş, G., Bakır, U., Ersöz, T.İ., Koç, B. ve Bayram, B., 2008. *Çok İşlevli Cam ve Seramik Ürünleri İçin Yarı İletken Fotokatalitik İnce Filmlerin Geliştirilmesi*. Ankara

Sayılkan, F., 2007. *Nano-TiO₂ Sentezi Fotokatalizör Sentezi ve Fotokatalitik Aktivitesinin Belirlenmesi, Yayımlanmamış Doktora Tezi*. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya

Yıldız, D. ve Özbay, Ö., 2009. *Su ve Toprak*. USİAD, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Burdur ' da doğdu. İlköğretimini Yeşilova Merkez İlköğretim Okulunda tamamladı. Ortaöğretimini Burdur Anadolu Lisesi'nde bitirdi. Lise öğretimini 2001 yılında Isparta Fen Lisesi'nde tamamladı. 2006 yılında Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi'nden mezun oldu. 2006 yılından itibaren bu yana Fethiye ilçesinde eczacılık mesleğini sürdürmektedir.Yabancı dil olarak İngilizce ve Almanca bilmektedir. 2010 yılında hayatını Raziye Yıldız'la birleştirdi.