

**NAFTALİN ASİTİK ASİT (NAA)'İN  
FENTON YÖNTEMLERİ İLE GİDERİMİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**İbrahim ATAŞ**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NAFTALİN ASİTİK ASİT (NAA)'İN  
FENTON YÖNTEMLERİ İLE GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**İbrahim ATAŞ**

Doç. Dr. Seval K. A. SOLMAZ  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2012

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ ONAYI

İbrahim ATAŞ tarafından hazırlanan ‘‘Naftalin Asitik Asit (NAA)’in Fenton Prosesleri İle Gideriminin Araştırılması’’ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Seval K. A. SOLMAZ

- |   |      |
|---|------|
| <b>Başkan :</b> Doç. Dr. Seval K. A. SOLMAZ<br>U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,<br>Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı | İmza |
| <b>Üye :</b> Doç. Dr. Seval K. A. SOLMAZ<br>U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,<br>Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı    | İmza |
| <b>Üye :</b> Prof. Dr. Şükran DERE<br>U.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi<br>Biyoloji Bölümü                                    | İmza |
| <b>Üye :</b> Doç. Dr. Gökhan E. ÜSTÜN<br>U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,<br>Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı       | İmza |

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Kadri ARSLAN**

**Enstitü Müdürü**

**22/05/2012**

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**29/05/2012**

**İbrahim ATAŞ**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### NAFTALİN ASİTİK ASİT (NAA)'İN FENTON PROSESLERİ İLE GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

**İbrahim ATAŞ**

Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Seval K. A. SOLMAZ

Bu çalışma kapsamında, bir tür bitki gelişim düzenleyici (BGD) olan Naftalin asetik asitin ileri oksidasyon yöntemleri (İÖY) olan Fenton ve Fenton-benzeri prosesleri ile giderimi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada pH, demir iyonu konsantrasyonları ( $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$ ) ve hidrojen peroksit parametrelerinin optimum değerleri tespit edilerek KOİ, TOK ve NAA ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Fenton prosesinde en iyi giderim verimleri; pH=3,  $Fe^{+2}$ =0,5 mM ve  $H_2O_2$ =2 mM dozlarında elde edilmiştir. Bu dozlardaki KOİ, TOK ve NAA giderimleri için elde edilen verimler sırasıyla; %75, %31 ve %100 olarak belirlenmiştir. Fenton-benzeri prosesinde elde edilen optimum şartlar ise; pH=3,  $Fe^{+3}$ =0,5 mM ve  $H_2O_2$ =2 mM olarak bulunmuştur. Bu dozlardaki KOİ, TOK ve NAA giderim verimler sırasıyla; %73, %39 ve %100 olarak belirlenmiştir.

Uygulanan arıtma teknikleri birbiriyle karşılaştırıldığında elde edilen giderim verimleri bakımından her iki prosesin benzer NAA, KOİ ve TOK giderimi sağladığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Naftalin asetik asit, İleri oksidasyon yöntemleri, Fenton Prosesi, Fenton-benzeri Prosesi, KOİ Giderimi.

**2012, ix+66 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### INVESTIGATION OF NAPHTHALENEACETIC ACID REMOVAL BY FENTON PROCESSES

**İbrahim ATAŞ**

Uludag University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Seval K. A. SOLMAZ

In this study, Fenton and Fenton-Like processes, which are various advanced oxidation processes (AOP), were applied to investigate the removal of a type of plant growth regulator, Naphthaleneacetic Acid (NAA). The experimental study was performed searching optimum values of pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and Fe ions (Fe<sup>+2</sup> and Fe<sup>+3</sup>) concentrations and then COD, TOC and NAA measurements were applied.

Maximum removal efficiencies were obtained at; pH=3, Fe<sup>+2</sup>=0,5 mM ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=2 mM doses for Fenton process. COD, TOC and NAA removal efficiency were %75, %31 ve %100, respectively. For Fenton-Like process highest removal efficiencies were obtained at; pH=3, Fe<sup>+3</sup>=0,5 mM ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=2 mM doses. COD, TOC and NAA removal efficiency were %73, %39 ve %100, respectively.

As a result of experiments, both of AOP's were compared in terms of NAA, COD and TOC removal efficiencies, each of AOP's reached similar removal rate.

**Key Words:** Naphthaleneacetic Acid, Advanced Oxidation Processes, Fenton Process, Fenton-like Process, COD Removal.

**2012, ix+66 pages.**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olup, tez çalışmasının konusunun belirlenmesinde, tez çalışmamın her adımında desteğini ve bilgisini esirgemeyen sevgili danışman hocam Doç. Dr. Seval K. A. SOLMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

HPLC analizlerinde yardımcı olan Doç. Dr. Gökhan E. ÜSTÜN'e, TOK ölçümlerinde yardımcı olan Hilal S. AZAK' a, tez yazımdaki değerli katkılarından dolayı Araş. Gör. Özge SİVRİOĞLU'na, laboratuvar çalışmalarım ve analizler sırasında yardımlarını esirgemeyen Çevre Mühendisi Mecit YILDIZ'a, tez yazımdaki yardımlarından dolayı Yüksek Gıda Mühendisi Dilek DÜLGER'e,

Bölümümde görev yapan ve desteklerini gördüğüm bölüm öğretim üyelerine ve yardımcılarına, manevi desteklerinden dolayı arkadaşlarım Zeliha TALİPOĞLU, Yusuf ATALAY ve Abdullah ÇATALTAŞ' a ve tüm arkadaşlarıma,

Beni her zaman maddi manevi içtenlikle destekleyen, yanımda olan babam Hacı ATAŞ'a, annem Kafure ATAŞ' a ve kardeşlerime sonsuz teşekkürler...

**İbrahim ATAŞ**  
29/05/2012

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1.GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Pestisitlerin Genel Özellikleri.....	3
2.2 Bitki Gelişim Düzenleyiciler .....	7
2.2.1. BGD'lerin gruplandırılması ve genel özellikleri .....	9
2.2.2. BGD'lerin kullanım alanları .....	15
2.2.3. BGD'lerin insan sağlığı ve çevre üzerine etkisi .....	16
2.2.4.Türkiye' de BGD kullanımı ve yanlış uygulamalar .....	19
2.3. Pestisit Giderim Yöntemleri .....	21
2.3.1. İleri oksidasyon yöntemleri (İOY) .....	22
3.MATERYAL VE YÖNTEM .....	35
3.1.Materyal.....	35
3.1.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasallar .....	36
3.1.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan cihazlar .....	37
3.2. Yöntem .....	38
3.2.1. Analitik ölçüm yöntemleri.....	38
3.2.2. Deneysel çalışmalar ve çalışma düzeneği .....	38
4.BULGULAR ve TARTIŞMA .....	41
4.1. Fenton ve Fenton-benzeri Deneyleri.....	41
4.1.1. Fenton ve Fenton-benzeri proseslerde optimum pH seçimi .....	41
4.1.2. Demir iyonu (Fe <sup>+2</sup> , Fe <sup>+3</sup> ) konsantrasyonunun giderim verimine etkisi.....	42
4.1.3. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> konsantrasyonunun giderim verimine etkisi.....	44
4.1.4. Fenton prosesleri için NAA parçalanma kinetikleri.....	45



4.2. Birim Atıksu Maliyeti .....	50
5. SONUÇLAR.....	51
KAYNAKLAR.....	53
EKLER.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	66

## SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$C_{12}H_{10}O_2$	Naftalin asidik asit (NAA)
$C_2H_4$	Etilen
$CO_2$	Karbondioksit
$FeSO_4$	Demir sülfat
$FeCl_3$	Demir III Klorür
$H_2O$	Su
$H_2O_2$	Hidrojen peroksit
$H_2SO_4$	Sülfürik asit
$KMnO_4$	Potasyum permanganat
$LD_{50}$	Akut zehirliliğin ölçüsü %50
$MnO_2$	Mangan dioksit
$NaOH$	Sodyum Hidroksit
$O_3$	Ozon
$\bullet OH$	Hidroksil radikali
$OH^-$	Hidroksit İyonu
$TiO_2$	Titanyum oksit
UV	Ultraviyole

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
AKM	Askıda Katı Madde
ABA	Absisik Asit
BGD	Bitki Gelişim Düzenleyici
BNOA	$\beta$ -naphthoxyacetic asit
4-CPA	4 -Chlorop Henoxyacetic Acid
2,4-D	2,4-Dichlorop Henoxyacetic Acid
DAD	Diode Array Dedektörlü
DDT	Dikloro Difenol Trikloroethan
EPA	Çevre Koruma Ajansı
FP	Fenton Prosesi
FLP	Fenton-benzeri
GA <sub>3</sub>	Gibberellic Acid
HPLC	High Pressure Liquid Cromotography
IAA	İndolacetic Acid
IBA	İndolbutyric Acid
İOY	İleri Oksidasyon Yöntemleri
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
NAA	Naftalin Asetik Asit
TDZ	Thidiazuron
TOK	Toplam Organik Karbon
USEPA	United States Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
VUV	Vakum ultraviyole
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2. 1. Oksinin yapısı .....	10
Şekil 2. 2. Tarımda kullanılan toksik organik maddelerin doğadaki hareketleri (Güler ve .....	18
Şekil 3. 1. NAA' nın kimyasal yapısı ve UV spektrumu.....	37
Şekil 3. 2. Fenton deneylerinin yapıldığı Jar Test düzeneği.....	39
Şekil 4. 1. Farklı pH değerlerinde KOİ giderim verimleri (NAA içeren sentetik atıksu için deneysel koşullar; NAA= 100 mg/L, $[Fe^{+2}]/ [H_2O_2] = 0.2mM/0.2 mM$ , $[Fe^{+3}]/ [H_2O_2] = 0,2 mM/0,2 mM$ t=20-22 <sup>0</sup> C).....	41
Şekil 4. 2. Fenton ve Fenton-benzeri prosesler için farklı Fe iyonu değerlerindeki KOİ giderim verimleri (NAA içeren sentetik atıksu için deneysel koşullar; NAA= 100 mg/L, pH=3, $H_2O_2=0,6 mM$ t=20-22 <sup>0</sup> C).....	43
Şekil 4. 3. Farklı $H_2O_2$ Konsantrasyonlarında KOİ giderim verimleri (NAA içeren sentetik atıksu için deneysel koşullar; NAA= 100 mg/L, pH=3, $[Fe^{+2}]= 0.5mM$ $[Fe^{+3}]= 0,5 mM$ t=20-22 <sup>0</sup> C).....	44
Şekil 4. 4. Fenton prosesinde zamana bağlı, KOİ, NAA, TOK, $Fe^{+2}$ ve $H_2O_2$ konsantrasyon değişimleri ( $[NAA] = 100 mg/L$ ; Opt. $[Fe^{+2}] = 0.5 mM$ ; Opt. $[H_2O_2] = 2 mM$ ; Opt. pH = 3).....	46
Şekil 4. 5. Fenton-benzeri prosesinde zamana bağlı, KOİ, NAA, TOK, $Fe^{+3}$ ve $H_2O_2$ konsantrasyon değişimleri ( $[NAA] = 100 mg/L$ ; Opt. $[Fe^{+3}] = 0.5 mM$ ; Opt. $[H_2O_2] = 2 mM$ ; Opt. pH = 3).....	47

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2. 1. Pestisit çeşitleri ve kullanıldığı yerler .....	4
Çizelge 2. 2. Su, pestisit ve toprak karakteristiğine bağlı yer altı suyu kirlenme potansiyeli.....	6
Çizelge 2. 3. Pestisitlerin akut zehirlilik LD50 (mg/kg) yönünden sınıflandırılması.....	7
Çizelge 2. 4. Bazı oksitleyici türlerin bağlı oksidasyon gücü.....	24
Çizelge 2. 5. İleri oksidasyon proseslerinin türleri ve sınıflandırması.....	25
Çizelge 3. 1.NAA'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	36
Çizelge 4. 1. NAA'nın parçalanması ve mineralizasyonu ile ilgili reaksiyon katsayıları ve giderim oranları (%). .....	48
Çizelge 4. 2. Fenton prosesleri ile pestisit giderimi çalışmaları.....	49
Çizelge 4. 3. Çalışılan proseslerin işletme maliyetleri.....	50

## 1.GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde artan nüfus her geçen gün beraberinde daha fazla ihtiyaç ve tüketimi getirmektedir. Bu talebi karşılamak adına, mevcut faaliyetlerin geliştirilmesine veya alternatif çözümlere başvurulmaktadır. Ekonomik büyüme ile birlikte dünya çapındaki teknolojik ve tarımsal gelişmeler sonucunda çevre kirliliği oluşmaktadır. Bu kirliliklerin toksik ve zararlı organik kirliliklerinin parçalanarak önemli oranda azaltılması son zamanlarda büyük ilgi görmektedir (Oturan ve ark. 2011).

Tarımın toplumları beslemede en önemli kaynak olduğu düşünüldüğünde, tarım faaliyetlerinin gerçekleşen talep artışına cevap vermesi adına çeşitli uygulamalara gidilmektedir. Dünyadaki nüfus artışına paralel beslenmenin de yeterli hale gelmesi açısından 1960-1970’li yıllarda tarımda “yeşil devrim” diye nitelendirilen ve tamamen üretimi artırmaya yönelik çalışmalara hız verilmiştir (Güler ve Çobanoğlu 1997, Morsünbül 2010).

Bu amaçla mevcut tarım alanlarından daha fazla ürün alabilmek için tarımsal ilaçların (pestisitler) kullanımı gerekli hale gelmiştir. Pestisitler, zararlı organizmaya karşı kullanımlarına göre çeşitli türlere ayrılırlar (U.S. Epa 1998). Bu türler arasında; herbisit, insektisit, fungusit, rodensit, nematosit ve mikrobisitleri sayabiliriz. Bu altı türe ek olarak gelişim düzenleyiciler adı altında bazı alt türler de mevcuttur (Ikehata ve El-Din 2005, Morsünbül 2010).

Bitki gelişim düzenleyicileri (BGD’ler); doğal olarak organizmaların kendisi tarafından üretilen, organizmalardaki fizyolojik işlevleri uyaran, engelleyen veya başka bir şekilde modifiye eden maddelerdir (Güllüoğlu ve Arıoğlu 2005, Morsünbül 2010). Günümüzde pek çok BGD, kalite ve verimi artırmak için tarım ürünlerinde kullanılmaktadır. BGD’ler yapılarına göre de başlıca beş grupta incelenmektedirler: Oksinler, gibberellinler, sitokininler, etilen ve dorminler (absissik asit) (Yerlikaya 2008).

Pestisitlerin ekonomik faydalarıyla birlikte aşırı dozda ve bilinçsiz bir şekilde kullanılmaları yer altı ve yüzeysel su kaynağı, göl, nehir ve dere yatağı gibi birçok alanda ciddi çevre kirliliğine sebep olmaktadır (Sayılı ve ark. 1994). Bu maddeler doğada sentetik ve doğal halde bulunabilmektedir. Pestisitler, kullanıldıkları alandan

yağmur ve sulama sayesinde, yer altı suyuna ya da yüzeysel sulara rahatlıkla sızabilmektedirler (Kuster ve ark. 2009, Wang ve Lemley 2006, Üstün ve ark. 2010).

Marmara bölgesinde Nilüfer havzası içerisinde bulunan Bursa, çevresindeki Marmara Denizi, göller ve akarsuları ile su kaynağı açısından zengin bir ildir. Bursa ili genelinde 2008 yılında tarımsal amaçlı 1 915 000 kg katı formda, 1 124 000 L sıvı formda olmak üzere çeşitli tipte pestisit kullanılmıştır (Anonim 2009, Azak 2012).

19.yy'da zararlılara karşı inorganik pestisitler kullanılmaya başlanmış, 1940'lardan sonra pestisit üretiminde organik kimyadan faydalanılmış, Dichloro Diphenyl Trichlorethane (DDT) ve diğer iyi bilinen insektisit ve herbisitler keşfedilmiştir. Bugüne kadar 6000 kadar sentetik bileşik patent almasına karşın, bunlardan 600 kadarı ticari kullanım olanağı bulmuştur (Anonim 2007).

Günümüzde, BGD'lerin bitkiler üzerindeki etkileri çokça bilindiğinden, tarımsal üretimi arttırma durumundaki ülkeler tarafından sıklıkla kullanılmaktadır (Çelik ve ark. 2002). Bu maddeler(in) doğada çok fazla bulunmalarından dolayı canlı ekosistemi üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmekte ve sağlık açısından ciddi problemlere neden olabilmektedir. Bu amaçla bu maddelerin kontrollerinin yapılması ve ayrıca doğadaki konsantrasyonlarının dengede tutulması amacıyla çalışmalar yapılması gerekmektedir ve bu bileşiklerin çevre ile uyumlu, az maliyetli, verimli ve devamlılığı sağlayabilecek sistemlerle giderilmesi gerekmektedir. Yeni nesil arıtma metodları olan ileri oksidasyon prosesleri, biyolojik olarak zor ayrışabilen ya da toksik organik maddeler içeren içme sularının saflaştırılması ve dezenfeksiyonunda da kullanılmaktadır (Kuburovic ve ark. 2007). Bu amaçla birçok oksidasyon prosesleri kullanılabilir. Bunlar arasında fotokimyasal parçalama prosesleri (UV/O<sub>3</sub>, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), fotokatalizörler (TiO<sub>2</sub>/UV, Foto-Fenton ayıraçları) ve kimyasal oksidasyon prosesleri (O<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Fenton) sayılabilir (Güneş ve ark. 2007).

Bu tez çalışması kapsamında sentetik atıksu numuneleri üzerinde Naftalin asetik asit (NAA)' in Fenton ve Fenton-benzeri prosesleri yardımıyla giderimi araştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1 Pestisitlerin Genel Özellikleri

Zirai mücadele araştırma ve uygulamalarında kullanılan her türlü kimyasal madde ve preparatları, zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak ya da zararlarını azaltmak için kullanılan madde ya da maddelerden oluşan karışımlardır (Anonim 1999). Pestisit, kimyasal bir madde, virüs ya da bakteri gibi biyolojik bir yapısı olan, antimikrobik, dezenfektan ya da herhangi bir araç olabilir. Zararlı organizmalar, insanların besin kaynaklarına, mal varlıklarına zarar veren, hastalık yayan böcekler, bitki patojenleri, yabancı otlar, yumuşakçalar, kuşlar, memeliler, balıklar, solucanlar ve mikroplar olabilir (Akgönül ve ark. 2009). Pestisitler kompleks bir yapıya sahiptirler ve doğada sürekli döngüsel halde hava, toprak, su gibi farklı ortamlar arasında çevresel harekete sahiptirler. Pestisitlerin özellikle tarımsal alanda birçok faydasının yanında doğaya ve insanlara zararları da olabilmektedir. Bu maddelerin potansiyel toksisiteleri sorunların başında gelmektedir. Pestisitler tarımsal uygulamalarda yoğun ve bilinçsiz kullanımı sonucunda yüzeysel ve yeraltı sularına karışarak kirliliğe sebep olmaktadır. Yeraltı sularının kirlenmesi hem içme sularının kirlenmesiyle insan sağlığına zarar vermekte hem de bu suların sulama amaçlı kullanılmasıyla kirlilik etkisi meydana gelmektedir (Navarro ve ark. 2011).

Pestisitlerin kullanımı çok eski tarihlere dayanmaktadır. M.Ö. 1500'lere ait bir papirüs üzerinde bit, pire ve eşek arılarına karşı insektisitlerin hazırlanışına dair kayıtlar bulunmuştur.

Pestisitler, etkili maddelerinin kökenlerine göre gruplara ayrılabilir:

1. İnorganik maddeler
2. Doğal organik maddeler
3. Bitkisel maddeler
4. Petrol yağları vb.
5. Sentetik organik maddeler
6. Klorlu hidrokarbonlar
7. Organik fosforlular
8. Diğer sentetik organik maddeler (azotlu bileşikler, piretroidler)



Pestisitler herbisit, insektisit, fungusit, rodensit, nematosit ve mikrobisitleri türlerinden oluşurlar. Bunların yanında bazı gelişim düzenleyiciler de pestisit grubu olarak bilinmektedirler. Pestisit çeşitleri ve bazı kullanım yerleri Çizelge 2.1’ de verilmiştir.

**Çizelge 2. 1.** Pestisit çeşitleri ve kullanıldığı yerler

İnsektisit	Böcek, haşerelere karşı kullanılan ilaçlardır.
Fungusit	Funguslara (Mantar) karşı kullanılan ilaçlardır
Herbisit	Yabancı otlara karşı kullanılan ilaçlardır.
Mollusit	Yumuşakçalara karşı kullanılan ilaçlardır.
Rodensit	Kemirgenlere karşı kullanılan ilaçlardır
Nematisit	Yuvarlak solucanlara karşı kullanılan ilaçlardır
Akarisit	Akarlara karşı kullanılan ilaçlardır

Tarım topraklarının ve yer altı su kaynaklarının, kullanılan tarım ilaçları tarafından kirletilmesi önemli bir çevre sorununa neden olmaktadır. Özellikle de son zamanlarda tarım ilacı kullanımındaki hızlı artış bu sorunun daha fazla şiddetlenmesine neden olmaktadır (Yılmaz ve Alagöz 2008). Pestisitler doğada uzun süre kalabilmekte ve geniş mesafelere taşınabilmektedirler.

Suda çözünürlüğü yüksek, toprakta absorpsiyonu düşük ve çevresel ortamlarda kalıcılığı yüksek olan pestisitlerin uygulandıkları bölgenin coğrafik ve iklimsel özelliklerine göre yüzeysel ve yeraltı sularına ulaşarak bu ortamları kirletme olasılığı yüksektir. Pestisitlerin yeraltı sularına ulaşma riski Çizelge 2.2’de verilmiştir (Akal Solmaz ve ark., 2010). Pestisit kullanımlarında yeterli koruyucu önlemler alınmaması durumunda pestisitlerin akut ve kronik toksik etkileri ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda EPA ve Avrupa Birliği tarafından geniş bir grup organik bileşik su kirliliği meydana getirmesi açısından etiketlenmiştir. Avrupa Su Direktifi (2000/60/EC) tarafından 33 adet maddeyi öncelikli olarak yüksek oranda toksik, doğada yüksek kararlılığa sahip ve toksik yapıya dönüşebilir olarak tanımlamıştır. Direktifte atrazine, diuron, isoproturon, alachlor, pentachlorophenol ve chlorfenvinphos gibi pestisitlerin doğada kolay taşınabilmeleri ile birlikte doğal sucul ortamlar ve insan sağlığı açısından ciddi zararlı potansiyele sahip olduklarını belirtmektedir (Hincapie ve ark. 2005, Sanches ve ark.

2010). Kısa ve uzun süreli yüksek oranda pestisitlere maruz kalınması sağlığı ciddi oranda etkilemektedir. Özellikle tarım işçileri ve ticari anlamda pestisit kullanılan iş yerlerindeki çalışanlar büyük oranda etkilenmektedir (Anonim 2003). Pestisitlerin doğadaki akıbeti büyük oranda topraktaki hareketlilik ve hava-su gibi diğer doğal alanlara dağılma eğilimlerine bağlıdır (Navarro ve ark. 2011). Dolayısıyla pestisitler, uygulama yapıldıkları alandan yağmur ve sulama sayesinde, yer altı suyuna ya da yüzeysel sulara rahatlıkla sızabilmektedirler (Kuster ve ark. 2009, Wang ve Lemley 2006, Üstün ve ark.2010, Morsünbül 2010, Akal Solmaz ve ark. 2010). Pestisitler, fazla sulama suyu ile çeşitli tarımsal alanlardan, yağmur ve kar sularının pestisitleri toprak yüzeyinden yeraltı ve yüzeysel sulara taşınması şeklinde sulara karışabilirler (Anonim 2003). Son yıllarda yeraltı sularında, yüzeysel sularda ve bu ortamlarda yaşayan canlılarda yüksek konsantrasyonlarda toksik ve kanserojen pestisitlerin tespit edilmesi, bu maddelerin yeraltı sularına kadar taşındığını ve su kaynaklarını kirlettiğini ifade etmektedir (Kolpin ve ark.,1998, Gilliom 2007, Akal Solmaz ve ark. 2010, Morsünbül 2010).

**Çizelge 2.2.** Su, pestisit ve toprak karakteristiğine bağlı yer altı suyu kirlenme potansiyeli (McBride 1989, Akal Solmaz ve ark. 2010).

	Yer altı sularının pestisit ile kirlenme riski	
	Düşük risk	Yüksek risk
Pestisit özellikleri		
Suda çözünürlüğü	düşük	yüksek
Toprakta absorpsiyonu	yüksek	düşük
Dayanıklılığı (yarı-ömrü)	düşük	yüksek
Toprak özellikleri		
Toprak yapısı	kil	kum
Organik madde içeriği	yüksek	düşük
Gözeneklilik	az ve küçük	çok ve geniş
Yer altı suyu derinliği	derin (> 30 metre)	sığ (< 6 metre)
Su hacmi		
Yağmur/sulama	seyrek aralıklarla az miktarda	sık aralıklarla fazla miktarda

Tarım ile uğraşan ve pestisite maruz kalan insanlarla bu bileşiklere maruz kalmayan bireyler arasında yapılan çalışmalar, pestisitlere maruz kalan insanlarda yapısal ve sayısal kromozom aberasyonları ile kardeş kromatid değişiminin yüksek oranlarda tekrarlandığını göstermektedir (Gomez-Arroyo ve ark. 1985, Paldy ve ark. 1987). Ditiyokarbamatlar (*ziram*, *zineb*, *thiram*) ile çalışan ve üreten insanlarda, benzer şekilde organik fosfatlarla (*trichlorphon*, *phosmet*, *diazinon*) ve karbamatlar (*pirimicarb*) ile yapılan çalışmalarda (WHO 1985, Carrano ve ark 1988), bu maddelerin kromozom anomalilerine ve kardeş kromatid değişimine neden oldukları bildirilmiştir (Soyöz ve Özçelik 2003). Pestisitler hedef organizmalarda farklı şekillerde etkinlik göstermektedirler. Bu mekanizma çok karmaşık olmakla birlikte, hedef organizmadaki

zehirlilik de belli bir biyokimyasal süreç sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kimyasal maddeler iki tipte zehirlilik gösterirler.

1. Akut zehirlilik; tek bir dozda alındığında kısa sürede ortaya çıkan ve belirtileriyle tanımlanabilen zehirliliktir.
2. Kronik zehirlilik; uzun süreçte, öldürücü doz altındaki tekrarlı alımlarda ortaya çıkan zehirliliktir.

Akut zehirliliğin ölçüsü LD<sub>50</sub> değeridir. LD<sub>50</sub> ağız ve deri yolu ile deneme hayvanlarına uygulandığı zaman, bunların %50'sini öldüren dozdur ve mg/kg ile ifade edilir. Düşük LD<sub>50</sub> değeri o bileşiğin zehirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Çizelge 2.3'de pestisitlerin akut zehirlilik yönünden LD<sub>50</sub> (mg/kg) değerleri görülmektedir.

**Çizelge 2. 3.** Pestisitlerin akut zehirlilik LD<sub>50</sub> (mg/kg) yönünden sınıflandırılması (Ware, 1986, Erik 2007).

Akut zehirlilik yönünden sınıflandırılması	Ağız yoluyla maruz kalma		Deri yoluyla maruz kalma	
	Katı*	Sıvı*	Katı*	Sıvı*
Çok zehirli	< 5	<20	<10	<40
Zehirli	5-50	20-200	10-100	40-400
Orta derecede zehirli	50-500	200-1 000	100-1 000	400-4 000
Az zehirli	>500	>2 000	>1 000	>4 000

\* Katı ve sıvı terimi, sınıflandırmaya tabi tutulan etkin maddenin fiziksel halini göstermektedir.

## 2.2 Bitki Gelişim Düzenleyiciler

Bitki gelişmesi için güneş ışığına, havanın CO<sub>2</sub>'ine, toprağın ise su, mineral ve diğer besin maddelerine ihtiyaç duyar. Vejetasyon ilerledikçe bitki büyür, gelişir ve bir kısım hücre, doku ve organlar oluşarak, kendine has şekil alır. BGD bir bitkideki bir veya daha fazla fizyolojik olayı kontrol veya modifiye eden, doğal ya da sentetik organik bir bileşiktir (Kumlay ve Eryiğit 2011).

Hormonlar; bitkideki büyüme ve gelişme olaylarını yönlendiren, çok düşük derişimlerde dahi etkili olabilen ve bitkilerde sentezlenerek taşınabilen organik maddelerdir. Bu maddeler yüksek bitkilerin çeşitli organlarından ve bir kısım

mantarlardan elde edilmektedirler. Belirli hücrelerde üretilen hormonlar diğer hücelere transfer edilerek gelişim kontrol edilir. Bitki büyüme ve gelişmesini etkilediği belirlenen hem tabii ve hem de sentetik maddelere BGD denilmektedir. BGD' ler bitkide çeşitli fizyolojik tepkimelere neden olmaktadır (Aydoğdu ve Boyraz 2005).

BGD'ler, bitkiler üzerindeki teşvik edici ve geciktirici özellikleri dolayısıyla iki ana grupta incelenebilirler: bitki büyüme gelişmesini başlatıp hızlandıranlara uyarıcı (stimülatör), büyüme ve gelişmeyi yavaşlatıp durduranlara da engelleyici (inhibitör) denilir. Bunlardan bitkide uyarıcı etki yapanlar; oksinler, gibberellinler ve sitokininlerdir. Bitkide büyüme engelleyenler ise absisik asit (ABA) ve etilendir. BGD'ler doğal ve sentetik olmak üzere iki şekildedir. Doğal olanlar bitkinin kendisi tarafından sentezlenmekte, yapay olanlar ise bitkilerden izole edilen ve yapıları açıklanmış hormonlardan sağlanan bilgilere dayanılarak, kimya endüstrisi tarafından geliştirilen değişik yapı ve özellikteki maddelerdir (Karakaya ve Padem 2009, Morsünbül 2010).

Çevre koşullarından kaynaklanan kısıtlayıcı faktörlerin etkisiyle bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyen hormonlar yeterli düzeyde sentezlenmezler ve bu durumdan bitkilerin gelişimi olumsuz etkilenir (Jones 1983, Güllüoğlu ve Arıoğlu 2005). Bu yüzden ürün verimliliğini ve kalitesini arttırmak amacıyla sentetik hormonlara sıklıkla başvurulmaktadır.

BGD dediğimiz sentetik hormonlar bahçe bitkilerinde değişik amaçlar için yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Yapay maddelerin zaman zaman doğal olanlarından daha etkili buldukları ve bunların yerini alabildikleri görülmüştür. BGD'lerin pratikteki uygulamaları pek çok sorunu ve riski beraberinde getirdiği halde, bu maddeler olumlu etkileri ile tarımdan uzak düşünülemezler (Karakaya ve Padem 2009).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın raporlarına göre, BGD' lerin kalıntı riskinin olmadığı, insan ve çevreye toksik etkilerinin düşük olduğu belirtilmektedir. Ancak bu bileşiklerin sentetikleri bilinçsizce kullanıldıklarında verim ve kaliteyi olumsuz etkiledikleri gibi çevre ve insan sağlığını da tehdit eden boyutlara ulaşabilmektedirler. Balıklar, kuşlar ve memelilere çok zehirli değildir, toprak ve suda yaşayan omurgasızlara zehirlidir. Toprakta önce birikir, sonra zamanla parçalanırlar.

Aşırı dozları bitkilerde de zehirlidir çünkü bitkilerin enzim sistemini etkilerler, çok yüksek dozlarda, sıcakkanlılarda zehirlenme belirtileri oluşur. Düşük dozlarda vücut yağ dokularında depolanabilir. Böylece tiroid ve kansere sebep olabilir. İnsan ve diğer canlıların vücutlarına aldıkları BGD'nin önemli bir kısmı değişmeden böbreklerle atılır. Atılım süresi yarı ömürle ifade edilir. Birçok BGD %75-96'sı 24-48 saat içerisinde vücuttan atılır. Az bir kısmı ise karaciğerde enzimlere değişime uğrayarak metabolitler halinde atılır. Ancak bazı metabolitler aktif maddeden daha tehlikeli olabilir. Düşük doz ve vücutta birikim sonucu Kronik toksisite oluşabilir. Böylece merkezi siniri sistemi (MSS) ve kaslar üzerinde kontrol eksiklikleri, dermal sorunlar vb. ortaya çıkabilir (Akyol 2008).

### **2.2.1. BGD'lerin gruplandırılması ve genel özellikleri**

Bitki hormonlarının birden çok görevi vardır ve etki oluşturmak için genelde birden fazlasının bir arada olması gerekir. Günümüzde pek çok BGD, kalite ve verimi artırmak için tarım ürünlerinde kullanılmaktadır. BGD'ler yapılarına göre de başlıca beş grupta incelenmektedirler: Oksinler, giberellinler, sitokininler, etilen ve dorminler (absisik asit) (Yerlikaya 2008)

Hormonların etkileri daima bir denge içerisinde birbirlerini tamamlayıcı veya bir diğerinin etkisini azaltıcı olarak ortaya çıkar. Günümüzde hormonlardan bitkilerde büyümeyi ve gelişmeyi yönlendirici özellikleri dikkate alınarak çok yönlü yararlanılmaktadır. Bir bileşiğin hormon olarak nitelendirilebilmesi için;

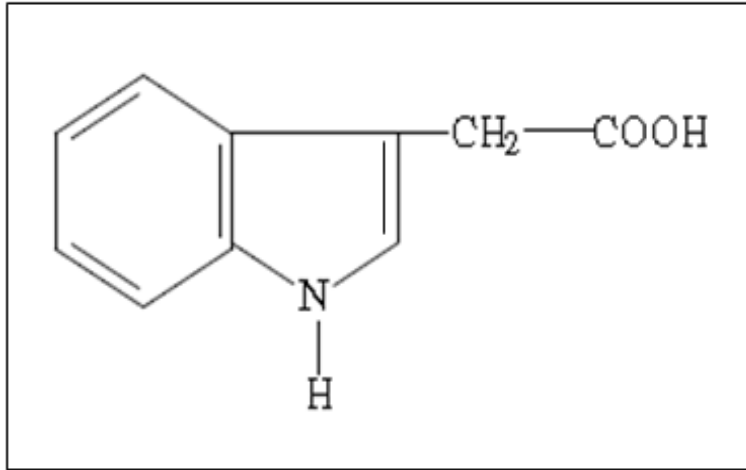
- Bitki bünyesinde oluşması,
- Oluştığı yerden başka bir yere taşınabilir olması,
- Taşındığı yerde değişik yaşam olaylarını yönetmesi ve düzenlenmesi,
- Çok düşük konsantrasyonlarda bu etkilerini göstermesi gerekir.

Bitki bünyesinde bulunan bu doğal bileşiklerin yanında bu bileşiklerin kimyasal yapılarına az veya çok benzeyen sentetik bileşiklerde yapılmış ve hormon etkilerinin olup olmadığı araştırılmıştır. Bunlardan birçoğunun bitkide doğal bulunanlardan çok daha aktif oldukları, yani çok daha az kullanıldıklarında benzer etkiler oluşturdukları belirlenmiştir (Anonim 2010a).

Bitkisel üretimde yaygın olarak kullanılan oksinler, sitokininler, gibberellinler, etilen vb.nin bu yöndeki etkileri yapılan değişik araştırmalarla ortaya konmuştur (Aydoğdu ve Boyraz 2005).

### 2.2.1.1.Oksinler

Oksin tipindeki BGD'ler tarımda uzun zamandan beri kullanılan hormonlardır (Halloran ve Kasım 2002). Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi etkileyen en önemli gruptur. Bitkinin gelişmesini diğer BGD'lerle birlikte gerçekleştirir. Bitki kökünde doğal olarak az bulunur. Bitkinin boyca büyümesini sağlar. Hücre bölünmesi, büyümesi, hücre ve doku farklılaşmasını düzenler. Bitkinin güneşe yönelmesini sağlar. Çok fazla salgılandığında veya suni olanların fazla uygulanması halinde büyüme durdurur. Az salgılandığında yapraklar dökülmeye başlar. Meyve vermede etkindir. Döllenmiş çiçeğin dökülmesini engeller. Ovaryumun gelişmesini ve çekirdeksiz meyva oluşumunu sağlar. İlkbaharda kambiyum gelişimini düzenler. Suni elde edilen oksinler genelde yabancı otların yok edilmesinde kullanılır. Bu kimyasal maddelerden bazıları şunlardır: 4-CPA (4 -chlorophenoxyacetic acid), 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid), IAA (indolacetic acid), IBA (indolbutyric acid) ve NAA (1 -naphthalene acetic acid) (Karakuş ve Köker 2007).



Şekil 2. 1. Oksinin yapısı (Pektaş 2009)

#### 2.2.1.1.1.Naftalin asetik asit (NAA)

Bu kimyasal ilk defa 1939 yılında Amchem Products tarafından geliştirilmiştir. Günümüzde çeşitli formülasyonları amonyum, potasyum, sodyum tuzları halinde veya etil ester formunda satılmaktadır (U.S. Epa 2003). Naftalin asidik asit (NAA)' in

kimyasal yapısı  $C_{12}H_{10}O_2$ ' dır. Bu bitki gelişim düzenleyici kimyasal katı halde kokusuz, tatsız özelliğe sahiptir. 186.2 g/mol molekül ağırlığına sahip olan bu kimyasal beyaz renklidir. Ciğerler üzerinde kronik zararlar gösterebilmektedir. Deri teması, soluma ve yenilmesi durumunda ciddi tehlikelere yol açmaktadır (Anonim 2011).

NAA bitkilerde uzamayı ve kök oluşumunu teşvik eder. Fakat yüksek yoğunluklarda gelişim durdurucu etki gösterir. Ağızdan akut LD<sub>50</sub> (akut Öldürücü Doz 50) dozu ratlar için 1000-5900 mg/kg., fare için (sodyumlu tuzu) 700 mg/kg.; tavşanlar için deri yoluyla akut LD<sub>50</sub> değeri >5000 mg/kg.'dır. Uzun süreli deri teması hafiften orta dereceye kadar iritasyona sebep olur. Gözlerde şiddetli tahriş yapar. Solunum LC<sub>50</sub> (Öldürücü yoğunluk 50) değeri (1 saat) >20.000 ppm'dir. Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) ve Çevre Koruma Örgütüne (EPA) göre zehirlilik sınıfı 3'dür (Tomlin 1997, Çetinkaya ve Baydan 2006).

Naftalin asidik asit (NAA), özellikle elma, armut ve zeytinde seyreltme amacı ile çiçeklerin %70-80'inin açtığı dönemde uygulandığında başarılı sonuç vermektedir. Uygulamaların ilkbahar geç donu tehlikesi geçtikten sonra yapılması ürünün garanti altına alınması açısından gereklidir. NAA elma ve armutta hasat önü dökümlerini önlemek amacı ile hasattan 7-14 gün önce uygulanmaktadır. NAA uygulamadan 2-3 gün sonra etkisini göstermektedir ve etkisi 2 hafta sürdürmektedir. NAA ayrıca sert çekirdekli meyvelerde hasat önü dökümleri önlemek ve meyve seyreltmek, zeytin çeliklerinde köklenmeyi teşvik etmek amaçları ile kullanılmaktadır (Halloran ve Kasım 2002).

### **2.2.1.2 Gibberellinler**

Gibberellinler 1926 yılında Japon bilim adamı Kurosawa tarafından keşfedilmiştir. Bu araştırmacı bitkinin çok çabuk uzayarak kökünün zayıflamasına ve bitkinin çökmesine neden olan "aptal fide hastalığı" adı verilen bir hastalık üzerinde çalışırken, mantarla hastalanan bitkilerde gibberellin adını verdiği kimyasal maddenin fazla üretildiğini bulmuş ve daha sonra bu mantarı *Gibberella fujikuroi* olarak adlandırmıştır (Gülelçin 2008). Gibberellinler de oksinler gibi hücre büyüme ve bölünmelerini artırarak boy uzamasını sağlarlar. Gibberellinlerce zengin bitkilerin boğum araları uzundur. Gibberellinler oksinlere göre ışığa daha az duyarlı olup, yüksek dozlardaki



uygulamalarda daha az depresif etki gösterirler (Akgül, 2008). Giberellinler hücre bölünmesi ve uzamasını, tohumda uyku halinin kırılmasını ve hızlı çimlenmeyi teşvik eder. Yaygın kullanımı olan Gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) mandalina ve klemantinde (mandalina cinsi) meyve tutumunu, çekirdeksiz üzümde meyve iriliğini artırmada kullanılmaktadır (Karakuş ve Köker 2007). Gibberellinler de oksinler gibi meyve gelişiminin ilk safhasında etkili olup tüm meyve ile değil, organ gelişimi ile daha iyi bir ilişki gösterirler. Gelişen meyveye asimilat depolama olaylarında oksinler yanında gibberellinlerinde iletim demetleri gelişimini arttırarak meyveye asimilat taşınımını arttırdığı sanılmaktadır (Seçer 1989, Akgül 2008). Turunçgillerde dölleni teşvik etmek, meyve dökümünü önlemek ve hasatı geciktirmek amaçları ile uygulanırken kiraz ve vişnede iri ve dayanıklı meyve elde etmede GA<sub>3</sub> kullanılmaktadır. GA<sub>3</sub> armut, şeftali ve biberde verimi arttırmakta ve don zararını önlemekte, marulda baş bağlamayı ve tohum verimini arttırmakta, tohumluk patateslerde çimlenmeyi teşvik etmekte ve enginarada turfanda yetiştiricilik sağlamaktadır. Ayrıca hasattan önce uygulandığında limonların depoda yeniden yeşil renge dönüşümünü geciktirmektedir (Halloran ve Kasım 2002).

### 2.2.1.3. Sitokininler

Bitki dokularında özellikle hücre bölünmeleri esnasında ortaya çıkan, diğer hormonların aksine, hem bitkilerde, hem de hayvanlarda bulunan kinin yapısındaki organik maddelerdir. Sitokininler başlıca iki gruba ayrılırlar: sentetik *fenilüre* türevleri, *tiadiazuron (TDZ)* ve *N-(2-kloro-4-piridil)-N'-fenilüre (CPPU)* olarak bilinen *1-fenil-3-(1,2,3-tiadiazol-5-yl)* üre ve doğal olarak meydana gelen adenin türevleri *kinetin (KN)* ve *6-benziladenine (BA)*. Sentetik phenylurea türevleri özellikle *tiadiazuron (TDZ)* adenin türevlerinden daha yüksek etki düzeyine sahiptirler (Te-chato ve ark. 2008, Kumlay ve Eryiğit 2011).

Sitokinin hücre bölünmesi ve hücre farklılaşmasında önemli role sahip bir bitki gelişim düzenleyicidir. Bu kimyasallar filizlenmenin başlaması, tomurcuk oluşumu, yanal tomurcuklanmanın gelişmesi, yaprak genişlemesi ve klorofil sentezi gibi bitki gelişimini uyarabilirler. Sitokinin yaprak yaşlanmasını geciktirebilir, tuzluluk oranına karşı direnci arttırabilir, bazı türlerde düşük sıcaklık ve zor şartlarda stomaların açılmasını

sağlayabilirler (Letham ve ark. 1978; Barciszewski ve ark. 2000; Pospisilova ve ark. 2000, Werner ve ark. 2001, Dodd 2003, Tassi ve ark. 2008).

Sitokininler hücre bölünmesini başlatan maddelerdir. Letham, 1964 yılında ilk doğal sitokini mısır tohumlarından elde ederek "zeatin" adını vermiştir. Çok sayıda tohum veya meyve ile kök salgılarında bulunan zeatin, sitokininlerin en yaygını olmasına rağmen, sitokininler içerisinde en önemlisi "kinetin" dir. Bu maddenin diğerlerine nazaran büyük farkı esas itibariyle DNA'dan sentetik olarak elde edilmiş olması ve büyümeyi özellikle hücre bölünmelerini teşvik ederek etkilemesidir (Akal Solmaz ve ark. 2010).

Sitokininlerin fizyolojik rolleri; hücre bölünmesi ve organ oluşumu, hücre büyümesi, genel bitki büyümesi, klorofilin parçalanması ve yaşlanmanın (senesensin) geciktirilmesi, çiçeklerin uyarılması, dona mukavemet, terleme, tohum çimlenmesi, partenokarpik meyve oluşumu, cinsiyetin farklılaşması, meyve tutumu ve meyve büyümesi, yan tomurcukların gelişimi, kopma (abscisyon), dinlenmenin kaldırılması, protein ve RNA sentezi, enzim aktivitesidir (Karakaya ve Padem 2009).

#### **2.2.1.4.Etilen**

Basit bir bileşik olan etilen ( $C_2H_4$ ) bitkinin kendisi tarafından üretilen gaz formunda yüksek etkili bir BGD olduğu 50 yıldan beri bilinmektedir (Westwood 1993). Etilen sentezi birçok çevre faktörüne bağlı olarak artabilir (Seçer 1989).

Etilenin bitkilerdeki başlıca etkileri;

- Meyve olgunluğunu arttırır.
- Yaprak ve meyve dökümünü hızlandırır.
- Çiçeklenmeyi düzenler.
- Boyuna uzamayı sınırlandırır.
- Çelikten köklenmeyi teşvik eder.
- Dormansiyi kırar.
- Oksin ile birlikte yan göz gelişimini engeller. (Westwood 1993, Seçer 1989 ).

Etilen tüm dokularda üretilmektedir. Normal şartlarda gaz halinde olup, uçucu ve kısmen inaktif halde bulunurlar. Bitki büyüme ve gelişmesinin her aşamasında üretilen bir hormondur. Olgunlaştırma hormonu (gazi) olarak da bilinir. Yeterince

havalandırma yapılmayan depolarda meyve ve sebzelerde etilen salgısı nedeniyle ürünlerde daha çabuk olgunlaşma, gevşeme ve bozulma meydana gelir. Henüz olgunlaşmadan koparılan muzlar etilen salgısı meydana getiren bir madde (karbit) ile aynı ortama konulup olgunlaşması sağlanır. Ticari olarak etilenin sentetik olarak üretilen isimleri etephone veya ethrel'dir (Kumlay ve Eryiğit 2011).

#### **2.2.1.5. Absissik asit (ABA)(Dorminler)**

Absissik asit (ABA) genel bir bitki gelişim engelleyicisidir. Uyku hali (dormansi)'ni teşvik eder ve tohumun çimlenmesini engeller. Yaprak, çiçek ve meyve dökülmesini geciktirir ve stomatların kapanmasına neden olur. Yüksek konsantrasyonda bu özelliği ile ABA kurak dönemlerde hücreleri korur (Karakuş ve Köker 2007).

Büyüme ve gelişme döneminde büyümeyi teşvik eden maddeler bitkide hakimken, olgunlaşma veya büyümenin sonuna doğru ABA hakim duruma geçmekte ve büyüme kontrol altına alınmaktadır (Çimen 1988, Akgül 2008). ABA bitkinin dinlenme fazına girişinden sorumlu bir düzenleyici olup, miktarı uyku halindeki tohum ve tomurcuklarda özellikle yüksektir. Sonbaharda ağaç tomurcuklarında gibberellinlerin miktarı azalırken absissik asit miktarı yüksektir. Kış soğuklarının azalması ve günlerin uzaması ile engelleyici madde miktarı azalırken gibberellinlerin düzeyi yükselir ve zamanla tomurcuklar sürmeye başlar (Seçer 1989, Akgül 2008).

ABA'nın fizyolojik etkileri; büyüme, yaşlanma (senesens), kopma (absisyon), dinlenme (dormansi), embriyo ve tohum çimlenmesi, meyve oluşumu ve gelişimi, tepe hakimiyeti ya da tomurcukların korelatif inhibisyonu (apikal dominansi), çiçeklenme, kökte ve diğer dokularda su ve iyon alınması ve taşınması, nükleik asit ve protein sentezi, enzimler, strese adaptasyon mekanizması, kök geotropizması, osmoregülasyon üzerinedir (Karakaya ve Padem 2009).

BGD'lerin bu maddelerin bilinçsizce ve aşırı dozlarda kullanılması tarımda pestisitlerin kullanımından kaynaklandığı gibi olumsuz yönde çevresel etkilere neden olabilmektedir. Bu bağlamda günümüzde, doğal dengenin bozulması, gıdalarda oluşan kimyasal kalıntıların besin zinciri ile insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşması

üreticileri ve tüketicileri doğal, organik ve sağlıklı tarım ürünlerinin üretimine ve tüketimine yönlendirmiştir (Kaftanoğlu 2003, Uygur 2005, Morsünbül 2009).

### **2.2.2. BGD'lerin kullanım alanları**

Artan dünya nüfusu ve beslenme sıkıntısı nedeniyle tarımda verim ve kaliteyi arttırmak amacıyla sıklıkla bitki gelişim düzenleyicileri kullanılmaktadır.

BGD'lerin varlığına ilişkin ilk bilgiler 19. yüzyılın sonlarına dayanmaktadır. Bu dönemde, 40-50 yıllık süre içinde, bitki fizyolojisi konularında yapılan çalışmalar, BGD'lerin bitki büyüme ve gelişmesindeki rollerini ortaya koymuştur. BGD başlangıçta yalnız tohumların çimlenmesinde, meyve, fidan ve çeliklerin köklendirilmesinde kullanılmıştır. Daha sonra tohumdan hasada kadar geçen devrede verim artışı, ürün kalitesinin yükseltilmesi ve bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığın artırılması amacıyla ülkemizde ve tüm dünya ülkelerinde kullanılmaya başlanmıştır (Karakuş ve Köker 2007).

BGD'ler bitki bünyesinde meydana gelen fizyolojik olayları teşvik etmekte, engellemekte veya değiştirmektedir. Bu maddelerin önemi ilk kez 1930'lu yıllarda anlaşılmış ve yapılan yoğun çalışmalarla meyve ve sebzeler için önemli doğal ve sentetik maddeler keşfedilmiştir. Bunlar kimyasal haberleşme araçları olarak bitkinin büyüme, gelişme, olgunlaşma ve yaşlanma gibi fizyolojik devrelerinde görev yapan, verim ve kalite ile hasattan sonra ürünün hasat sonrası dayanma süresini etkileyen çok önemli bileşiklerdir (Halloran ve Kasım 2002).

BGD'ler günümüzde bazı alanlarda muhtelif amaçlarla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçlar arasında çiçek ve meyve seyreltilmesi, çelik köklendirilmesi, çimlenme, meyve tutumu ve partenokarpî, dinlenme mekanizmasını etkileme, cinsiyet oluşumu, çiçeklenme, meyve kalitesini artırma, hasat öncesi dökülmeleri azaltma, yaşlanmayı geciktirme, muhafaza, doku ve meristem kültürleri, hastalık ve yabancı ot mücadelesi sayılabilir ( Barut 1995, Akgül 2008).

Tarımda BGD kullanım amaçları başlıca şu şekilde sıralanabilir; çelikle çoğaltmayı sağlamak, tohumların çimlenme gücünü artırmak, çiçeklenmeyi teşvik etmek veya geciktirmek, soğuğa dayanıklılığı artırmak, meyvelerde tohum oluşumunu artırmak,

meyve iriliğini artırmak, meyve muhafaza süresini uzatmak, bitkilerin hastalık ve zararlılara dayanıklılığını artırmak, yabancı ot kontrolünü sağlamak, pamuk ve tahıllarda yatmayı önlemek, hasat öncesi meyve dökülmesine engel olmak, makinalı hasadı kolaylaştırmak için tüm bitkilerin aynı zamanda olgunlaşmasını sağlamak ve hasatta iş gücünü azaltmak, olgunlaşmayı hızlandırarak yatmayı engellemek, patatesten dormansiye kırmak, özellikle doku kültürü çalışmalarında kök-sürgün ve yumru oluşumunu teşvik etmek (Abid ve Asghari 2006, Budak ve ark. 1994, Kaynak ve Ersoy, 1997, Kumlay ve Eryiğit 2011). Bitkilerde doğal olarak bulunan hormonların tabiatı, oluşumu ve etkileri Ek 1’de verilmiştir.

Doğal BGD’ler arasında dünyada en fazla %23’lük oranla etilen gurubu kullanılmaktadır. Bunu oksin gurubu takip eder. Gibberellinler ise %17 ile üçüncü sırada yer alırlar. Sitokinin ve dorminler ise dünyada henüz yaygın olarak kullanılmamaktadırlar (%10) (Akgül 2008).

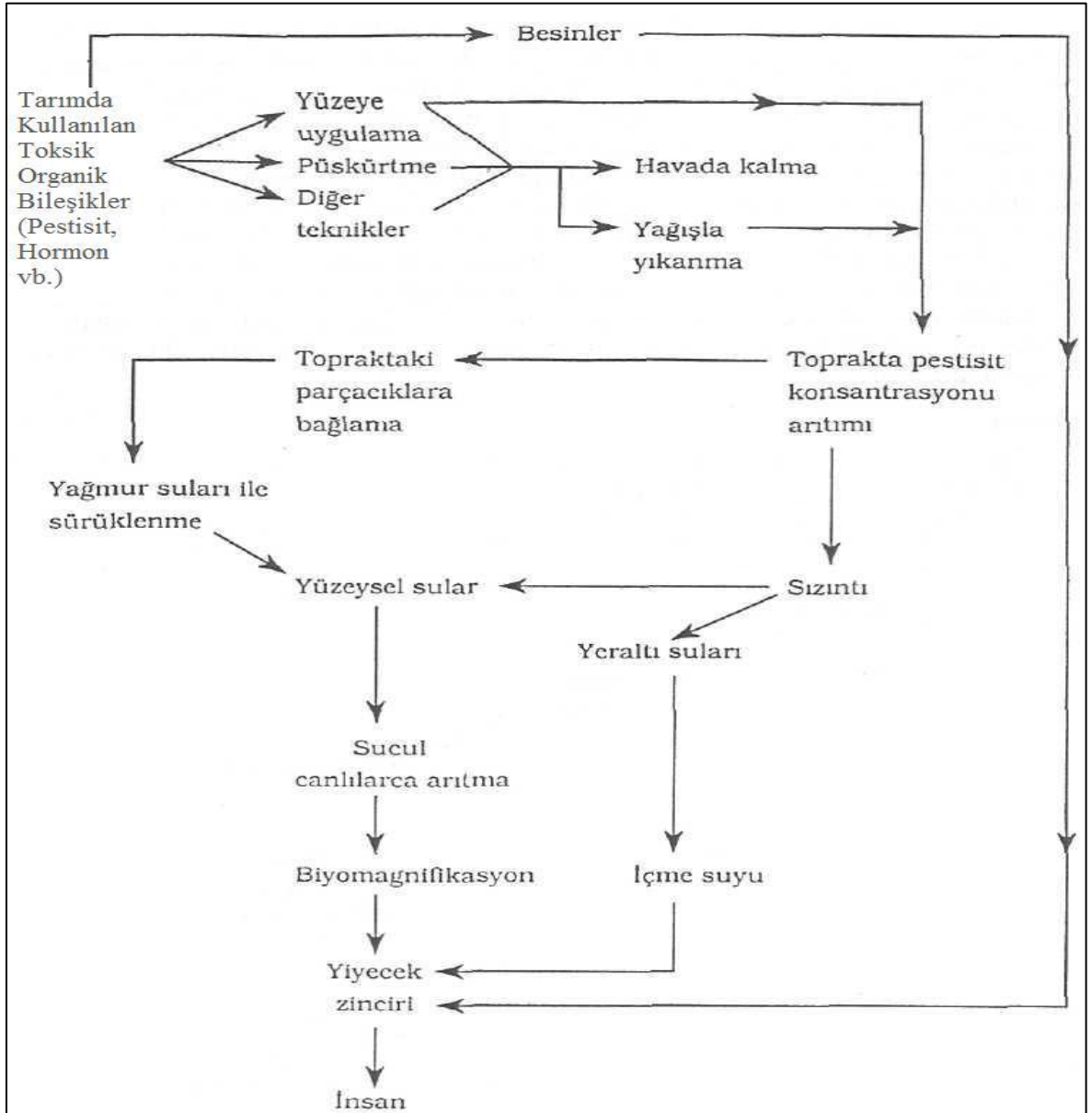
Türkiye’de sentetik büyüme düzenleyicileri özellikle kış aylarında tüketilen ve hemen hemen tamamı Akdeniz Bölgesi’nde üretilen sera ürünlerinde uygulanmaktadır. Yine, Türkiye’de kullanılan zirai mücadele ilaçlarının toplamının %40’a yakını bu bölgede kullanılmaktadır (Babaoğlu 2002).

### **2.2.3. BGD’lerin insan sağlığı ve çevre üzerine etkisi**

Yoğun, bilgisiz ve bilinçsiz yapılan kimi tarım uygulamaları, bitkisel ve hayvansal besinler aracılığıyla toplum sağlığına yönelik ciddi tehlikelere dönüşebilmektedir. Bu tehlikeler sadece insan sağlığıyla sınırlı kalmayıp hava, toprak ve su üçlüsünü de içine alan ciddi bir ekosistem kirliliğine de neden olmaktadır (Sayılı ve Akman 1994, Morsünbül 2010).

Ülkemizde kullanım alanı bulan BGD’lerin zaman zaman bilinçsizce uygulanmaları söz konusu olabilmektedir. Yanlış uygulamalar, insana, çevreye ve bitkiye zarar vermektedir. Akut zehirli etki bakımından BGD’lerin çoğu hemen öldürücü olmasa da, yapılan deneysel çalışmalar, bazılarının uzun süreli maruz kalındığında karsinojenik, immunotoksik, üremeye yönelik vb. zararlı etkilere neden olabileceğini göstermektedir (Çetinkaya ve Baydan 2006).

BGD'ler sağlık ve evre üzerinde bilinçsiz kullanımdan kaynaklı olarak olumsuz tesirlere sebep olabilmektedir. Bu olumsuz tesirler kullanım oran ve sıklığının yanında, kullanılan aktif maddeye de bağlıdır. Bu açıdan tarımsal ilaçlar ile mukayese edilemeyecek çeşitliliğe sahip olan BGD'lerin, insan sağlığı ve çevresel riskleri tarımda kullanılan ilaçlarının oldukça gerisindedir. Bilinmesi gereken en önemli olgu tarım ilaçlarının yanlış kullanımının doğuracağı sağlık ve evre sorunlarının BGD'lerin olumsuz tesirlerinden daha fazla olduğudur (Kumlay ve Eryiğit 2011). Pestisit ve hormon gibi toksik organik maddelerin doğadaki hareketleri ve besin zinciri yoluyla insanlara ulaşması Şekil 2.2.'de verilmiştir.



**Şekil 2. 2.** Tarımda kullanılan toksik organik maddelerin doğadaki hareketleri (Güler ve Çobanoğlu 1997).

bilinçsiz kullanımdan kaynaklanmaktadır. Tarımsal alanlara yoğun şekilde uygulanan bu kimyasallar yağmur, kar ve sulama suyu ile yeraltı ve yüzey sularına karışabilmektedir. Bu kimyasallar doğal ekosisteme katılarak tüm canlılara etki etmektedir. Bu kimyasalların canlı bünyesinde birikme özelliğinden dolayı ekosistemdeki bir veya birkaç besin zinciri arasında kolayca geçiş yaparak bu besin zincirleri üzerinde zararlı etkilere neden olabilmektedir.

Sözgelimi bitkilerde kullanılan büyüme hormonları, onların bünyesinde zaten mevcut olan doğal kimyasallardır. Tarımda kullanılmasının nedeni, bünyede bulunan bu

kimyasalın miktarını artırmak, çok kısa sürede büyümesini veya renklenmesini artırmak içindir. Fakat oksin grubundan olan 2,4-D'nin (2,4-dichlorop henoxycetic asit) insan sağlığı açısından olumsuz etkileri olduğu konusunda bazı görüşler bulunmaktadır. 2,4-D'nin insan sağlığına etkileri, davranış ve şekil bozuklukları, genetik yapıda bozukluklar, sinir sisteminde oluşturduğu bozukluklar olmak üzere sınıflandırılabilir. 2,4-D yakın zamana kadar özellikle domates ve patlıcanda partenokarpik meyve oluşumunu teşvik amacıyla sıkça kullanılmaktaydı. Bugün bu maddenin yerine 4-CPA (4 -chlorop henoxycetic asit) ve BNOA ( $\beta$ -naphthoxyacetic asit)' in kullanılmasına izin verilmiştir. Fakat bu maddenin Türkiye'de bazı ürünlerde kullanımına devam edilmektedir. Hava, su ve toprakta meydana gelen istenilmeyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler kirlilik olarak adlandırılır (Karakuş ve Köker 2007).

BGD'leri yeterli doz ve zamanda uygulanırsa insan sağlığı açısından pek zararlı olmamaktadır. Ancak aşırı doz ve zamansız yapılan uygulamalar nedeniyle meyveler üzerinde kalıntı etkisi kalmakta ve bu nedenle zararlı olabilmektedir. Diğer taraftan uygulama esnasında dikkatli olunmaması halinde göz, cilt vs.'ye temas ile bazı akut etkiler görülebilmektedir. Bu nedenle, özellikle sentetik ve dışardan hormon uygulamalarında çok dikkatli olunması ve hangi bitki türüne hangi büyüme düzenleyicisinin uygulanacağı daha önce yapılmış olan araştırma neticelerine dayandırılması gerekmektedir. Bu sayede hem sağlıkla ilgili problemlerle karşılaşmayacak, hem de oldukça pahalı olan bu maddelerin ekonomik olarak kullanımı söz konusu olabilecektir (Kumlay ve Eryiğit 2011).

#### **2.2.4. Türkiye' de BGD kullanımı ve yanlış uygulamalar**

Ülkemizde BGD kullanımı çeşitli sorunlardan dolayı yeterince yaygın değildir. Ancak belli alanlarda yine de başarıyla kullanılmaktadır. Bu alanların basında örtü altı sebzeçiliği gelmektedir. Özellikle domates ve patlıcanda partenokarpik meyve tutumunu sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla eskiden 2,4-D kullanılmaktaydı. Ancak bu BGD'nin insan sağlığına zararlı olduğu iddiaları sebebiyle yasaklanmış ve yerine 4-CPA ve BNOA kullanılması tavsiye edilmiştir (Ertekin 1997, Akgül 2008). BGD'lerinden bir diğeri olan etilende muz, limon gibi meyvelerin sarartılması ve diğer birçok meyvenin erken olgunlaştırılması amacıyla kullanılmaktadır (Akgül 2008). Genellikle üzümde, çekirdeksizliği teşvik ve meyve ve salkım



büyükliğini artırmak amacıyla; kirazda, büyük ve sert meyve elde etmek için; diğer bazı meyvelerde (elma, armut vs.) daha iri meyve elde etmek için ve süs bitkilerinde daha erken ve homojen çiçek açmasını sağlamak amacıyla giberellik asit kullanılmaktadır. Kullanım alanlarından biri de özellikle fidan üretimi ile ilgilenen yetistiriciler tarafından çelikle köklendirmeyi sağlamak amacıyla İndol-bütirik Asit (IBA) kullanılmasıdır. Birçok meyvenin çelikleri IBA muamelesine tabi tutulduklarında daha hızlı köklenmektedir. Bunların yanında küçük çaplı çeşitli uygulamaların da olduğu muhakkaktır (Yılmaz ve ark. 2004, Çelik ve ark. 2002a, Pektaş 2009).

Türkiye’de kullanılan tarım ilaçlarının yaklaşık %47’sini insektisitler, %24’ünü herbisitler, %16’sını fungusitler ve %13’ünü de diğer pestisit grupları oluşturmaktadır. Tarım ilaçları sektörünün en önemli bölümü olan insektisit satışlarının %47’si pamuk, %20’si ise meyve pazarında yer almaktadır (Balkaya ve Arslan 2004). İsektisit satışlarında %40 ile en büyük pazarı içeren organofosfor bileşikli pestisitlerdir. Bunlardan başlıcaları klorpirifos, diazinon, diklorvos, dimetoat, malatyon, metamidofos, metidatyon, monokrotofos ve paratyon metildir. İsektisit satışlarının %21’ni sentetik piretoidler oluşturmakta olup, en önemlileri arasında sipermetrin, lamda sialotrin, tralometrin, zeta sipermetrin ve alfa sipermetrin yer almaktadır. Karbamatlar da geniş kullanım alanı bulmaktadır ve en önemlileri arasında karbosülfan, karbaril ve furatyokarb sayılabilir (Balkaya ve Arslan 2004).

Ülkemizde BGD kullanımında birçok olumsuz durumla karşılaşılmaktadır. Bunlar genellikle yetiştiricilerden kaynaklanan ve yanlış uygulamalara dayanan olumsuzluklardır. Söz konusu yanlış uygulamaları başlıca şu başlıklar altında toplayabiliriz:

- Ne kadar çok uygulama yaparsan (1 yerine 2 veya daha fazla uygulama) o kadar iyi sonuç alırım düşüncesi
- Uygulama zamanını tam tespit edememe veya buna dikkat etmeme.
- Doz ayarlamasında yeterince hassas olamama veya dozu ne kadar artırırsam o kadar iyi etki eder mantığı
- Alıştığı ve sonucunu gördüğü BGD’yi ne pahasına olursa olsun temin edip uygulama

- Ekonomik kaygıyla aşırı doz kullanımı (Özellikle etilenle meyve olgunlaştırılması amacıyla)
- Teknik bilgileri yetersiz kişilerin tavsiyeleri
- Uygulama esnasında gereken hassasiyeti göstermeme (Karakuş ve Köker 2007).

Son yıllarda gelişen biyoteknolojik araştırma ve gelişmelere paralel olarak hormon kullanımının yönü de değişmiş, bu alanda kullanım yönünde bir artış görülmüştür. Özellikle in vitro şartlarda yapılan doku kültürü çalışmalarında bu maddelerin kök, sürgün ve yumru oluşumunu teşvik edici etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Halk arasında genelde “hormon” sözcüğünden kaynaklanan bir güvensizlik ve BBD’lerin her koşulda ve her üründeki kullanımının insan sağlığına kesin toksik etki yaratacağı şeklindeki hatalı değerlendirme söz konusudur. Bitki büyümesini teşvik edici hormonların açıklanmasında da görüldüğü gibi, bu maddelerin bir kısmının zaten bitkinin genetik yapısında doğal olarak mevcut olduğu ve zararlı olmadığı görülmektedir. Uygulama zamanlarının ve konsantrasyonlarının iyi ayarlanması, doğal kökenli olması (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü’nden ruhsatlı), yasak olanların (2,4- D) uygulanmaması ve uzman kişilerce uygulanması koşuluyla hormonların bitki yetiştiriciliğinde çok önemli ve yararlı fonksiyonları olduğu görülecektir (Kumlay ve Eryiğit 2011).

### **2.3. Pestisit Giderim Yöntemleri**

Endüstriyel atıksular, kanalizasyon suları, su yüzeyine doğrudan pestisit uygulamaları, atık kimyasalların kazayla yüzey sularına karışması veya bilerek boşaltılması gibi etkiler alıcı sulardaki pestisit derişimlerinin önemli ölçüde artmasına neden olmaktadır. Sudaki pestisit kalıntıları, bozunma veya dönüşüm ürünlerinin canlılara olumsuz etkilerinin bilinmesi ise, pestisitlere olan ilginin gün geçtikçe artmasına neden olmakta, alıcı sulara deşarj edilen atıksulardan giderilmelerini, bu amaçla değişik teknolojilerin uygulanmasını ve geliştirilmesini zorunlu hale getirmektedir (Balkaya 1998, Balkaya ve Bayraklı 2000).

Pestisitlerin çevresel kontaminasyonu tüm dünyada kanıtlanmıştır. Kentsel bölgelerden gelen yüzey suları, tarımsal alanlardan gelen fazlalık oluşturan sular, süzüntü suları ciddi pestisit kirliliğine sebep olmaktadır. Pestisitlerin kullanımları sıkı şekilde

denetlense de aşırı kullanım ve yeni pestisit kullanım metodlarından dolayı sularda oldukça fazla tespit edilmesine neden olmaktadır (Chelme-Ayala ve ark. 2011).

Topraklarda ve yüzey sularında görülen pestisit kirliliğinin büyük bir kısmı tarım alanlarından gelmektedir. Pestisitler genelde organizmalar üzerindeki kötü etkilerini doğrudan doğruya meydana getirebilmektedir. Bu maddeler doğada çok az konsantrasyonlarda bile toksik ve kanserojenik etkiler gösterebilmektedirler. Bu maddelerin toprak ve sulardan giderilmesi ciddi kaygılara neden olmaktadır (Özdemir ve ark. 2008).

Pestisit giderim yöntemleri kanserojenik ve mutajenik maddeler olan bu maddelerin mikrobiyal parçalanmaya direnci ve doğada birikebilmelerinden dolayı büyük bir öneme sahiptir. Pestisitlerin parçalanması ve giderimi kimyasal oksidasyon yöntemi olan İOY'ler ile mümkündür (Barbusinski ve Filipek 2001). Bu organik kirliliklerin sulardan en az maliyetli ve en yüksek verimi sağlayacak çevreci çözüm teknikleriyle giderimi gerekmektedir.

### **2.3.1. İleri oksidasyon yöntemleri (İOY)**

Modern toplumun temel önceliği doğal kaynakların korunup muhafaza edilmesidir. Su muhtemelen bizim en değerli kaynağımızdır bu yüzden geri kazanımı gerekmektedir. Kirlenmiş suların geri kazanım teknikleri genel anlamda kirliliği konsantre hale dönüştürmekte, parçalama ve bertaraf edememektedir. Bu bağlamda İOY'leri mümkün olduğunca organik madde içeren atıksuların arıtımında en etkili metottur (kimyasal ve tarımsal sanayi atıksuları ve tekstil boyama atıksuları vs.). Çoğu klasik arıtma teknikleri (fiziksel, Kimyasal ve biyolojik arıtma) bu bileşiklerin kimyasal kararlılık ve düşük biyolojik bozulmalarından dolayı giderimde kullanılamamaktadır (Payatos ve ark. 2010).

Son yıllarda klasik metodlar için oldukça inatçı olan atıksulardaki kirleticilerin oksidasyon yöntemleri ile arıtılması uygulamaları oldukça önemli ilerlemeler göstermiştir. İOY olarak adlandırılan bu yöntemler hidroksil radikali üretmeye dayanan çok çeşitli kirleticileri daha az zararlı formlara çevirebilen yaygın kullanılan metodlardır (Legrini ve ark. 1993, Andreozzi ve ark. 1999, Pera-Titus ve ark. 2004, Carlos ve ark. 2010).

Atıksularda toksik ve kalıcı organiklerin bulunması durumunda biyolojik arıtımla yeterli verim elde edilememektedir. Atıksu arıtımında daha ekonomik olması nedeniyle biyolojik prosesler tercih edilmektedir. Bu tip atıksulardan toksisite ve organik yük giderimi için biyolojik arıtım öncesi ileri oksidasyon yöntemlerine dayanan kimyasal yöntemler kullanılmaktadır (Gürtekin ve Şekerdağ 2008a).

İÖY'ler güçlü oksidantları sayesinde organik maddeleri CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya kadar parçalayabilmektedirler. Ayrıca mineralizasyonun tam elde edilebilmesi uzun arıtma zamanı ile birlikte güçlü reaktif ve enerji tüketimini gerektirmektedir. Bu da biyolojik proseslere nazaran daha pahalı arıtma sonucunu doğurur. Bununla birlikte çoğu kirleticinin tamamen mineralizasyonu gerekli değildir bunun yerine organik kirliliklerin kısmi oksidasyonla biyoparçalanabilen ara maddelere dönüşümü sonrasında gelecek bir biyolojik arıtma için ucuz ve uygun olacaktır. Oksidasyon adımları esnasında toksik ve biyolojik parçalanamayan bileşikler genellikle toksik olmayan ürünlere dönüşür ve biyolojik proseslerde kolaylıkla tüketilirler (Comninellis ve ark. 2008, Santos-Juanes ve ark. 2011).

İÖY'ler özellikle hidroksil radikali ( $\bullet$ OH) gibi yüksek reaktif radikaller içeren bir proses olarak ifade edilmektedir. Radikaller dönüşüme karşı tamamlayıcı elektronlarla birlikte tekil halde elektron içeren atomik ya da moleküler türlerdir. OH $\bullet$ , suda bulunan birçok organik ve inorganik kimyasal madde ile seçici olmaksızın hızlı bir şekilde reaksiyona girerler (Sedlak ve ark. 1991). Bu nedenle, doğal sularda diğer yöntemlerle bozunmaya dayanıklı olan sentetik ve doğal organik bileşikler için kuvvetli oksidandırılar (Zepp ve ark. 1987). Oksidasyon potansiyelleri Çizelge 2.4. de çeşitli oksidant türleri için verilmiştir. Yüksek oksidasyon potansiyeli ve reaktifliği OH $\bullet$  dayanıklı kirletici maddelerin arıtımında cazip hale getirmektedir (Anonim 2010b).

**Çizelge 2. 4.** Bazı oksitleyici türlerin bağıl oksidasyon gücü (Ullmann's 1991, Goi 2005).

Oksidant Türü	Oksidasyon Potansiyeli, eV
Flor	3,06
Hipokloröz Asit	1,49
Klor	1,36
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1,77
Ozon	2,07
Perhidroksil Radikali	1,70
OH•	2,80
Yeni oluşan Oksijen	2,42

İOY'lerin etkinliği; başlangıç oksidan dozajı, pH gibi bazı fizikokimyasal parametrelere ve temas süresi, ışınlama şartlarına (örn. ışınlama dozu) bağlıdır. Yöntemin başlıca avantajları ise, kirleticilerin yüksek hızlarda oksidasyonu ve su kalite değişkenlerine karşı esnek oluşudur. Dezavantajları ise, yüksek işletme maliyeti, reaktif kimyasal maddelerin (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ozon) kullanılmasından dolayı özel emniyet gereksinimi ve yüksek enerji kaynağı kullanılmasıdır (Kochany, ve ark. 1992, Diler 2010).

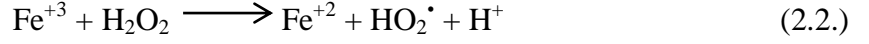
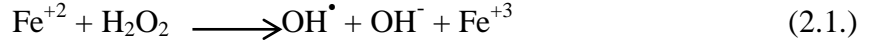
İOY'lerin homojen ve heterojen oksidasyon sistemi olmak üzere iki uygulaması vardır. Uygulanan ileri oksidasyon prosesleri olarak Fenton (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>+2</sup>), Fenton-benzeri (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>+3</sup>, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>+2</sup>, O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> /UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) ile homojen ve heterojen ileri oksidasyon prosesleri atık sulardan renk, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Toplam Organik Karbon (TOK) gideriminde başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar (Lin ve Lai 2000; Chen ve ark. 2003, Küni 2009).

**Çizelge 2. 5.** İOY'nin türleri ve sınıflandırması (Mota ve ark 2008, Morsünbül 2010).

<b>Foto-kimyasal Olmayan</b>	<b>Foto-kimyasal</b>
<b>Homojen Yöntemler</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Alkali Ortamda Ozonlama</li><li>• Ozon/Hidrojen Peroksit</li><li>• Fenton Prosesleri</li><li>• Elektro-oksidasyon</li><li>• Sonoliz</li><li>• Islak Hava Oksidasyonu</li><li>• Süperkritik Su Oksidasyonu</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vakum-Ultraviyole Fotolizi</li><li>• Foto-Oksidasyon<ul style="list-style-type: none"><li>• UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li><li>• UV/O<sub>3</sub></li><li>• UV/O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li></ul></li><li>• Foto-Fenton</li></ul>
<b>Heterojen Yöntemler</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Katalitik Islak Hava Oksidasyonu</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Heterojen Fotokataliz (ZnO/UV, TiO<sub>2</sub>/UV vb.)</li></ul>

### **2.3.1.1. Fenton yöntemleri (Fenton- Fenton-benzeri)**

Bir İOY olan Fenton yaklaşık 100 yıl önce keşfedilmiştir. Ancak, bir oksidasyon prosesi olarak kullanımı 1960'lardan sonrasına rastlamaktadır. Fenton prosesi, asidik şartlar altında Fe<sup>+2</sup> iyonunun hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ile reaksiyonuna dayanmaktadır. Bu reaksiyon sonucu OH• oluşmaktadır (Gürtekin ve Şekerdağ 2008b). Fenton reaksiyonları çoğu organik bileşiği parçalama kabiliyeti nedeniyle yaygın kabul görmektedir. Ayrıca çevrede OH• aracılığıyla gerçekleşen oksidasyonlar için de önemli bir yol sağlamaktadır. (Leung ve ark. 1992, Diler 2010). Fenton yöntemleri H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile Fe<sup>+2</sup> veya Fe<sup>+3</sup> kullanılması esasına dayanmaktadır. Fe<sup>+2</sup> kullanılan yöntemlere Fenton yöntemi (FP), Fe<sup>+3</sup> kullanılan yöntemler ise Fenton-benzeri (FLP) yöntemi denilmektedir. Bu yöntemlerin gerçekleştiği reaksiyonlar aşağıda verilmiştir.



Fenton oksidasyonu,  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve  $\text{Fe}^{+2}$  tuzları karışımının doğrudan atıksuya ilave edildiği bir ileri oksidasyon teknolojisidir. Bu karışım  $\text{H}_2\text{O}_2$  katalitik dekompozisyonu yoluyla  $\text{OH}^\bullet$  radikallerinin ortaya çıkmasına yol açar ve bu süreç yöntem etkinliği ile önemli ölçüde artmaktadır (konvansiyonel oksidasyonla karşılaştırılırsa). Ayrıca oksidasyon adımında oluşan  $\text{Fe}^{+3}$  tuzları koagülasyon ve sedimantasyonla diğer kirleticilerin giderimini de sağlamaktadır (Canizares 2009, Gökkuş ve Çiner 2010).

Fenton yöntemlerine dayanan oksidasyon sistemleri organik ve inorganik maddeleri arıtabilmektedir. Fenton yöntemleri kimyasında  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve demir tuzları kullanılmaktadır.  $\text{H}_2\text{O}_2$  etkinliği demir tuzu ilavesi ile  $\text{OH}^\bullet$  oluşturması neticesiyle artmaktadır.

Fenton prosesi asidik koşullarda  $\text{OH}^\bullet$  oluşması esasına dayanır ve 4 evrede meydana gelir. Bunlar pH ayarlama, oksidasyon reaksiyonu, nötralizasyon ve koagülasyon ve çöktürmedir.  $\text{pH} > 4$  iken etkili bir giderim olmadığı gözlenmiştir. Bunun sebebi  $\text{pH} < 4$  iken Fe ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  iyonlarının daha kararlı olmasıdır. Diğer taraftan  $\text{pH} > 4$  iken kararsız halde bulunan  $\text{Fe}^{+2}$  iyonları kolaylıkla  $\text{Fe}^{+3}$  iyonlarına dönüşebilirler. Bu da demir hidroksi komplekslerinin oluşmasına sebep olur. Bunun yanı sıra  $\text{pH} > 10$  iken  $\text{H}_2\text{O}_2$  kararsız haldedir ve oksitleme kapasitesini kaybederek oksijen ve suya dönüşür.  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve Fe iyonları genellikle kuvvetli asit için daha kararlıdır (Morsünbül 2010).

Fenton yöntemlerinin verimliliğine etki eden başlıca faktörler: atıksuyun pH'ı, reaksiyon sıcaklığı, başlangıç  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  konsantrasyonları, içerdiği organik ve inorganik bileşenlerin türleri ve miktarlarıdır (Gürses 2004, Üstün ve ark. 2006).

Organik maddenin oksidasyonu için  $\text{Fe}^{+2}/\text{H}_2\text{O}_2$  (Fenton) ve  $\text{Fe}^{+3}/\text{H}_2\text{O}_2$  (Fenton-benzeri) proseslerden yararlanabileceği ispatlanmıştır. Bununla birlikte  $\text{Fe}^{+3}$ 'ün  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'e karşı reaksiyon ilgisinin düşük olduğundan,  $\text{Fe}^{+3}/\text{H}_2\text{O}_2$  reaktanı ile organik maddelerin ilk bozunma hızının  $\text{Fe}^{+2}/\text{H}_2\text{O}_2$ 'e göre çok yavaş olduğu bulunmuştur.  $\text{Fe}^{+2}/\text{H}_2\text{O}_2$  ve  $\text{Fe}^{+3}/\text{H}_2\text{O}_2$  rektanları organik kirleticilerin bozunmasında etkili olmalarına rağmen,

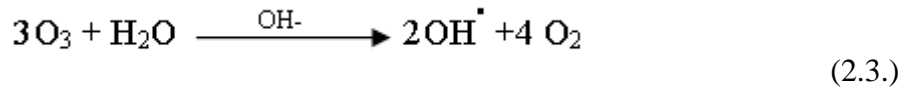
organik madenini tam bir mineralizasyonu sağlanamaz. Kullanılan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarına göre % 40-60 oranında mineralizasyon gerçekleştirilir (Alaton ve Gürses 2004).

Fenton yöntemlerinin esas avantajı, fotokimyasal oksidasyon yöntemlerinden daha eski, popüler olması ve ultraviyole ışığının penetrasyonuna bağımlı olmaksızın reaktör konfigürasyonlarının yapılabilesidir. Bunlara karşın yöntemin düşük pH değerlerinde gerçekleştirilmesinden dolayı nötralizasyon ve ortama ilave edilen demir iyonlarının çöktürülerek ortamdan uzaklaştırılma zorunluluğu Fenton prosesinin en önemli dezavantajıdır (Marechal ve ark. 1997, Arslan 2000, Yonar 2005, Birgül 2006). Fazla miktarda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanımı ise sistemi pahalı hale getirmektedir.

### 2.3.1.2. Yüksek pH'da (pH>11) ozonlama

Ozon, oksijenin bir allotropik şekli olup 3 atom oksijenin birleşmesiyle meydana gelir. Ozonda 2 atom oksijen 1 molekül oluşturmaya, üçüncü atom ise bu iki atomdan ayrılmaya çalışır. Bu nedenle okside olabilen yapılarla 3. atom oksijen kolaylıkla birleşeceğinden dolayı ozon çok güçlü bir oksidandır. Ozon, yüksek Elektrokimyasal Oksidasyon Potansiyelinden (EOP: 2.08 V) dolayı su iyileştirme teknolojilerinde dikkat çekici bir yöntem olmuştur. Hem ozon üretiminin yüksek maliyetinden hem de sudaki organiklerin kısmen oksidasyonundan dolayı ozonun tek başına kullanımı ekonomik açılarından uygun olmamaktadır (Küni 2009).

O<sub>3</sub>'ün, OH<sup>•</sup> ile olan tam reaksiyonu denklem 2.3.'te gösterilmektedir;



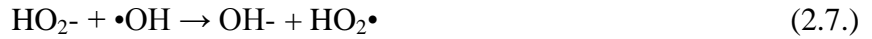
Stahlin ve Hoigne (1982), O<sub>3</sub> prosesinin mekanizmasının yüksek pH değerlerinde değiştiğini göstermişlerdir. Kompleks bir zincir reaksiyon sonucu OH<sup>•</sup> oluşmaktadır. Bikarbonat, karbonat ve humik maddelerin organik içeriklerinin parçalanması, O<sub>3</sub> ve OH<sup>-</sup> iyonunun zincir reaksiyon başlatması ve radikal-radikal çifti proseslerinin gerçekleşmesi ve OH<sup>•</sup> radikalinin yakalanması reaksiyonları ile gerçekleşmektedir (Yonar 2005).



O<sub>3</sub> oksidasyonu, doğrudan O<sub>3</sub> reaksiyonları ile ve dolaylı olarak OH• radikalleri gibi ikincil oksitleyicilerin reaksiyonları ile gerçekleşmektedir. Pratikte doğrudan ve dolaylı oksidasyon reaksiyonları bir arada oluşmakla birlikte sıcaklık, pH ve oksitlenen materyalin tipi gibi bazı faktörlere bağlı olarak bir çeşit reaksiyon daha baskın olarak gerçekleşmektedir (Filibeli ve ark. 2006).

### 2.3.1.2. Ozon ve hidrojen peroksit yöntemi (O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> su içerisinde O<sub>3</sub> molekülleri ile çok yavaş reaksiyona girerken, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sudaki reaksiyonu sonucu oluşan HO<sub>2</sub><sup>-</sup> moleküler ozon ile çok hızlı bir şekilde reaksiyona girmektedir. Yapılan çalışmalarda, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ozonla başlayan ve OH• radikalinin oluşumu ile sonuçlanan reaksiyonu tetiklediğini belirtilmektedir. Reaksiyonda temel olarak kullanılan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aynı zamanda yüksek dozlarda reaksiyonu bozucu etki de göstermektedir (Glaze ve ark.1987,Yalılı Kılıç ve Kestioğlu, 2008). Bu yöntemin temel reaksiyonları aşağıdaki gibidir:



Bu yöntemin kısaltılmış tam reaksiyonu ise;



şeklinde verilebilir (Arslan 2000, Birgül 2006).

### 2.3.1.3. Elektrokseidasyon

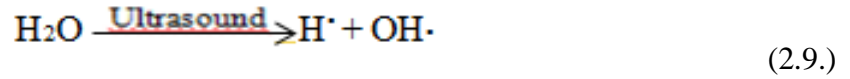
Çözeltide bulunan birçok organik madde elektrot yüzeyinde oksidasyonla parçalanır. Bu olay elektrokseidasyon olarak bilinir. Anodik oksidasyon toksik ve parçalanması bir hayli güç olan organik kirleticileri içeren atık suların temizlenmesi için kullanılan bir elektrokimyasal metottür. Burada yaygın olarak platin veya yüksek aşırı gerilime sahip

anot elektrotlar (PbO<sub>2</sub> veya SnO<sub>2</sub>) bölünmüş hücrelerde kullanılır. Organik maddeler bu yöntemle parçalanarak ortamdan uzaklaştırılabilir ya da bir başka organik maddeye dönüştürülebilir. 1834 yılında Faraday asetat anyonunun CO<sub>2</sub> de oksidasyonunun yapılabileceğini açıklamıştır (Gizir 2006).

Bu işlemle birlikte birçok madde oksidasyona uğratılabilirken biyolojik olarak parçalanabilirliği zor olan bileşikler biyolojik olarak kolay parçalanabilir organik bileşiklere veya CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O gibi son ürünlere dönüştürülmektedir (İlhan ve ark. 2007)

#### **2.3.1.4. Sonoliz (Sonokimyasal oksidasyon)**

Ultrasonik saçılım, kimyasal reaksiyonlarda yüksek enerji fazlalığı üretir. Bu, kimyasal reaksiyonların yürümesi için gerekli olan durumları meydana getirir. Bunlardan en önemlisi kavitasyondur. Kavitasyon; bir sıvı içinde kabarcıkların oluşumu, büyümesi ve kuvvetlice çökmeleri olayıdır. Sulu çözeltilerin ultrasonik saçılımı gaz kabarcıklarının büyümesi ve çökmesinde yüksek geçiş sıcaklıkları (sulu fazda 7000 K'e kadar) ve basınçları (1000 atm'e kadar) üretmeyle sonuçlanabilir. Bu durum suyun homolizi vasıtasıyla serbest radikallerin oluşmasına önderlik eder (Crum ve ark. 1999).



Ultrasonik saçılım kirli suların arıtılması için kullanılabilirliği görülmüştür. Ultrasonik saçılım zincir oksidasyon yöntemlerine vasıta olan standart OH•'lerinin önemli bir kısmını içerir. Genellikle sonoliz sırasında organik hammaddelerin yapılarında bir bozunmanın olması düşünülmemektedir (Yetim 2008).

#### **2.3.1.5. Islak hava oksidasyonu**

Islak hava oksidasyonu farklı kimyasal endüstrilerden gelen organik kirlilik içeriği yüksek olan atıksular için kullanılır. Hava veya oksijen basıncı altında 200–350°C sıcaklık ve 50–150 bar basınç koşullarında kirlilikler okside edilir. Organik madde tamamen CO<sub>2</sub> ve suya veya kısmi olarak okside olmuş düşük moleküler ağırlıktaki organik asitlere dönüşür (Minh ve ark. 2006). Böylece ıslak oksidasyon aşamasının

sonrasında biyolojik uygulama evresinin hazırlanması için uygun hale gelmiş olmaktadır. Okside edici ajan olarak  $O_3$  ve  $H_2O_2$  kullanılabilir. Düşük alan ihtiyacı ve uygulama sonrası ortaya çıkan atığın deşarj edilebilmesi açısından avantajlı olsa da yüksek enerji gereksinimi, hava emisyonu, kalifiye eleman gereksinimi ve yüksek işletim maliyeti gibi dezavantajlara sahiptir (Ergun, 2004).

Islak hava oksidasyonu bir sulu faz oksidasyon prosesi olup yüksek sıcaklık ve basınçta ( $105-320^{\circ}C$ ,  $05-20$  MPa) organik maddelerle kirletilmiş halde bulunan çamur, sulu çözeltiler ve direk olarak fabrika atık sularına uygulanabilir. Kullanılan oksitleyici maddelerden en yaygın olanı oksijendir. Li ve ark. (1991) tarafından önerilen mekanizmaya göre öncelikle zayıf C-H bağından oluşan organik radikali oksijen arasındaki bağın kırılmasına sebep oluyor oluşan  $OH\bullet$  yine bir hidrokarbonla reaksiyon vererek hidrokarbon radikali ve  $H_2O_2$  oluşturmaktadır. Oluşan  $H_2O_2$  ortamada bulunan metal ile tekrar bozunarak 2 mol hidroksi radikali oluşturup bu radikalde organik maddeyle reaksiyona girerek peroksiyi oluşturup parçalanmayı gerçekleştirmesi şeklindedir. Islak hava oksidasyonu yöntemi endüstrinin herhangi bir kolundan gelmiş herhangi bir organik atığa uygulanabilir, günümüzde bu işlemler biyolojik arıtma ile beraber uygulanabilmektedir. Bu oksidasyon yönteminde oksidant olarak hava, oksijen ve diğer oksitleyici maddeler ( $H_2O_2$ , potasyum permanganat...vs) kullanılabilir (Gizir 2006).

### **2.3.1.6. Süperkritik su oksidasyonu**

Su ortamında saf oksijen, hava veya  $H_2O_2$  gibi potansiyel oksijen kaynağı kullanılarak  $374^{\circ}C$ 'nin üzeri sıcaklıklarda ( $450-600^{\circ}C$ ) ve  $22.1-25$  MPa basınçta, organik kirliliği gidermek için etkili bir yöntemdir (Rivas ve ark. 2001, Martino ve Savage 1999). Reaksiyon sonucu oluşan ürünler genellikle  $CO_2$  ve basit asitlerdir, bu nedenle arıtılmış olan çıkış atıksuyu herhangi bir son arıtmaya tabi tutulmadan kanalizasyon sistemine boşaltılabilir.

Karasuyun organik içeriği biyolojik arıtma ( $>1$  % ağırlık) için çok yüksektir, yakma ( $<30$  % ağırlık) için ise çok düşüktür bu nedenle Süperkritik su oksidasyonu bu tarz içeriğe sahip atıksular için önerilen bir yöntemdir (Rivas ve ark. 2001).

Akışkanlar, kritik noktaları civarında sıvıya benzer çözme yeteneği kazanırlar ve sıvılara göre daha iyi taşınım özellikleri gösterirler. Basınç ve sıcaklığın değiştirilmesiyle kolaylıkla istenen değerlere ayarlanabilen bu özellikler, ayırma işlemlerinin ve kimyasal reaksiyonların gerçekleştirilmesinde önemli rol oynarlar. Doğadaki en önemli çözücü olan suyun, süperkritik koşullarda reaksiyon çözücüsü olarak çok ilginç özellikleri vardır. Suyun kritik sıcaklık ve kritik basınç değerleri sırasıyla 374.8°C ve 221.3 bar'dır (22.13 MPa). Özellikleri, benzer bir polar sıvıdan hemen hemen apolar bir akışkana doğru değişir. Bu değişim, oldukça geniş bir sıcaklık aralığında gerçekleşir. Su, kritik noktadan daha yüksek sıcaklıklarda beklenenden daha asidik olur ve difüzyon hızı artar. Su ile yüksek sıcaklıklarda çalışılıyor olması, ısı reaksiyon hızını artırır, bu da reaktördeki karıştırma hızını artırarak organik maddelerin iyi çözünmesini, oksijenle hızlı reaksiyona girilmesini ve tuzların çöktürülmesini sağlar. Bu nedenle süperkritik su, çözünürlüğe dayalı bir kontrol mekanizması, düşük viskozite ve yüksek difüzyon yeteneğine dayalı mükemmel taşınım özellikleri ve hidroliz veya kısmi oksidasyon için yeni reaksiyon imkânları sunan bir çözücüdür (Söğüt ve Akgün 2007, Morsünbül 2010).

### **2.3.1.7. Vakum ultraviyole yöntemi (VUV)**

Vakum ultraviyole, güçlü derecede ışınımı absorbe eden havayı içinde bulunduran ultraviyole spektral alanından oluşmaktadır. Birçok banttan oluşan ultraviyole spektral alanında, VUV'u oluşturan bant 100-200nm dalga boyu aralığındadır (Bolton, 2001) ve daha kısa dalga boylu spektroskopik çalışmalar vakum ya da absorbe edilmeyen gazlar içerisinde yapılmalıdır. VUV alanındaki hareket, kimyasal bağların homolizindeki pek çok duruma olanak sağlar (Legrini ve ark. 1993). VUV fotokimyasal prosesleri, 172±12 nm dalga boyunda, 1000W gücünde Xe excimer lambalarının geliştirilmesiyle atıksu arıtımında daha sıklıkla kullanılır hale gelmiştir. 190nm'lik dalga boyundan daha düşük UV dalga boylarındaki yüksek enerji suyu fotolize ederek OH<sup>·</sup> ve ·H'nin artışına neden olmaktadır (Gonzalez ve ark., 1994). Bunun yanı sıra hedef maddenin fotohomolizi içinde kullanıldığı durumlarda, suyun VUV fotolizi maddeyi parçalamak veya çözmek için saldırıda bulunan hidroksil radikallerini yüksek verimlilikte üretir (Yalılı Kılıç ve Kestioğlu 2008).

### 2.3.1.8.Fotooksidasyon

Fotooksidasyon, ışık veya başka tür radyant enerji kaynağı kullanılarak kimyasal maddeleri okside etme yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Fotooksidasyonda da diğer ileri oksidasyon tekniklerinde olduğu gibi amaç OH• oluşturarak organik maddeyi parçalamaktır. OH•, eğer bileşik halkalı bir yapıya sahipse halkanın açılmasını sağlayarak organik maddenin parçalanmasına sebep olmaktadır. Ilımlı koşullarda gerçekleştirilmeleri nedeniyle fotooksidasyon yöntemleri diğer yöntemlere göre maliyet yönünden avantajlı duruma geçmesine rağmen, reaksiyon süresi olarak bakıldığında ıslak hava oksidasyonu ve süperkritik su oksidasyon yöntemlerine nazaran daha uzun sürede gerçekleşmektedir. Fotooksidasyon, homojen ve heterojen fotoliz olarak ikiye ayrılmaktadır. Homojen fotolizde 200-290nm dalga boyunda UV ışığı ve direk olarak hidrojen peroksit ya da ozon kullanılarak hidroksil radikali üretilir. Heterojen fotokatalizde ise hidroksil radikali titanyum dioksit yarı iletkeninin üzerinde ve 320-400 nm dalga boyları arasında UV ışınları kullanılarak üretilmektedir (Gizir 2006).

#### 2.3.1.8.1. UV/Hidrojen peroksit yöntemi (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

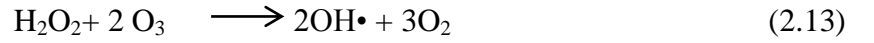
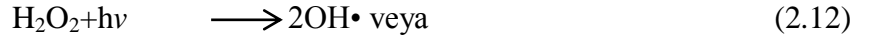
H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kuvvetli bir kimyasal oksidandır. UV ışığı, oksidan bir molekülü parçaladığı zaman meydana gelen serbest radikaller daha enerjik oksidanlardır. Hidrojen peroksit UV ışınlaması altında fotokimyasal olarak kararsızdır. UV ışığı ile hidrojen peroksitin ışınlanması çok sayıda kimyasal madde ile reaksiyona girdiği bilinen OH• oluşturmaktadır (Draper, ve ark. 1984). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tarafından UV radyasyonunun maksimum absorpsiyonu yaklaşık 220 nm'de meydana gelmektedir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 'in UV ışığıyla fotolizi ile OH• oluşumu aşağıdaki denklemle verilmektedir (Diler 2010).



Bu yöntem UV ışıklı (200-280 nm) donanıma sahip reaktör ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> enjeksiyonu ve karışımını takip edilmesinden oluşur. Bu yöntem boyunca, UV radyasyonu OH• üretimi ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'teki O-O bağlarının bölünmesinde kullanılır. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV yönteminde gerçekleşen reaksiyonlar aşağıda gösterilmektedir (Stasinakis 2008).

### 2.3.1.8.2. UV/O<sub>3</sub> (UV yöntemi /Ozon)

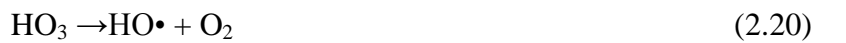
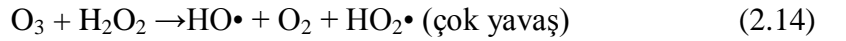
O<sub>3</sub> 'un suda UV ışığıyla fotolizi, OH• radikali oluşturmak üzere UV radyasyonu ya da ozonla reaksiyona giren H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oluşturmaktadır. Bu reaksiyon aşağıda gösterildiği şekilde gerçekleşmektedir (Küni 2009).



O<sub>3</sub>/UV yönteminde aktif O<sub>3</sub> molekülleriyle UV fotonları kullanılmaktadır, dolayısıyla OH• radikalinin oluşumuna olanak tanımaktadır (Zhou ve Smith, 2002). O<sub>3</sub>'un sudaki fotolizi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in oluşumuna neden olur ya da O<sub>3</sub> UV radyasyonu ile reaksiyona girerek OH• radikalinin oluşumunu sağlar.

### 2.3.1.8.3. Ozon/Hidrojen peroksit/UV prosesi (O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV)

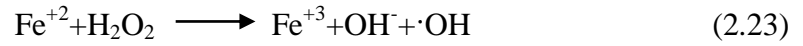
H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenmesi O<sub>3</sub>/UV yönteminde O<sub>3</sub>'un ayrışmasını hızlandırır ve bu sonuç HO• üretim oranını artırır (Munter 2001). O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV yönteminde gerçekleşen reaksiyonlar aşağıda verilmektedir:



O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV yönteminde meydana gelen OH•'leri ile organik kirleticiler fotookside ve mineralize olurlar (Yalılı Kılıç ve Kestioğlu 2008).

#### 2.3.1.8.4. Foto-Fenton yöntemi

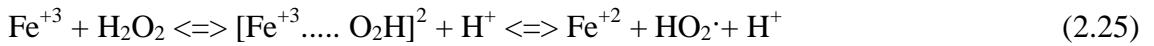
Fenton reaksiyonunun oksitleyici gücü, UV ışınlamasıyla büyük ölçüde arttırılabilmektedir. UV ışığının varlığında gerçekleşen Fenton yöntemi, foto-fenton yöntemi olarak adlandırılmaktadır (Akbal ve Balkaya 2002, Yıldız 2010). Ferrüz demirin (Fe<sup>+2</sup>) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile karmaşık reaksiyonu, Fenton reaksiyonu olarak bilinmektedir. Bu reaksiyon aşağıda görüldüğü gibi olup 100 yıldan fazla bir süredir bilinip uygulanmaktadır.



Oluşan OH• aynı zamanda Fe<sup>+2</sup> ile reaksiyon verip Fe<sup>+3</sup> formasyonunu sağlayabilir.



veya sudaki organik kirleticilerin birincil derecede oksidasyonu da reaksiyon verebilmektedir. Bu yöntem pH'nın 3'ten küçük olduğu seviyelerde etkilidir. Hidrojen peroksitin dekompozisyonu Fe<sup>+3</sup> tarafından da katalizlenmektedir. Bu yöntemde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> moleküllerine dekompoze edilmiş ve Fe<sup>+2</sup>'nin kararlı hal konsantrasyonu bu dekompozisyon esnasında sağlanmıştır. Reaksiyon;



şeklinde gerçekleşmektedir. Fe<sup>+2</sup> iyonları H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile reaksiyona girdiğinde OH• radikalini meydana getirir. Bu iyonlar da daha sonra sudaki organik bileşenleri oksitlerler. Buna karşın Fe<sup>+3</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sistemi de aynı işi yapmasına karşın Fe<sup>+2</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sisteminin reaksiyon hızı daha yüksektir. Bu proses de düşük pH düzeylerinde etkilidir. Bu işlemler yakın UV radyasyonu ve görünür ışık ortamında gerçekleşmektedir. Bu proses Foto-Fenton reaksiyonu olarak adlandırılır (Faust ve Hoigne 1990, Birgül 2006).

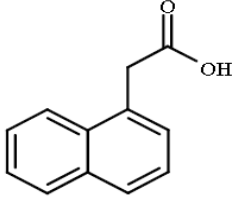
### **3.MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1.Materyal**

Bu çalışma kapsamında tarımsal faaliyetlerde sıkça kullanılmakta olan bir BGD türü olan NAA kullanılarak hazırlanan sentetik atıksular kullanılmıştır. NAA sentetik bir oksin türüdür. Naftalin asidik asit (NAA), özellikle elma, armut ve zeytinde seyreltme amacı ile çiçeklerin %70-80'inin açtığı dönemde uygulandığında başarılı sonuç vermektedir (Halloran ve Kasım, 2002).



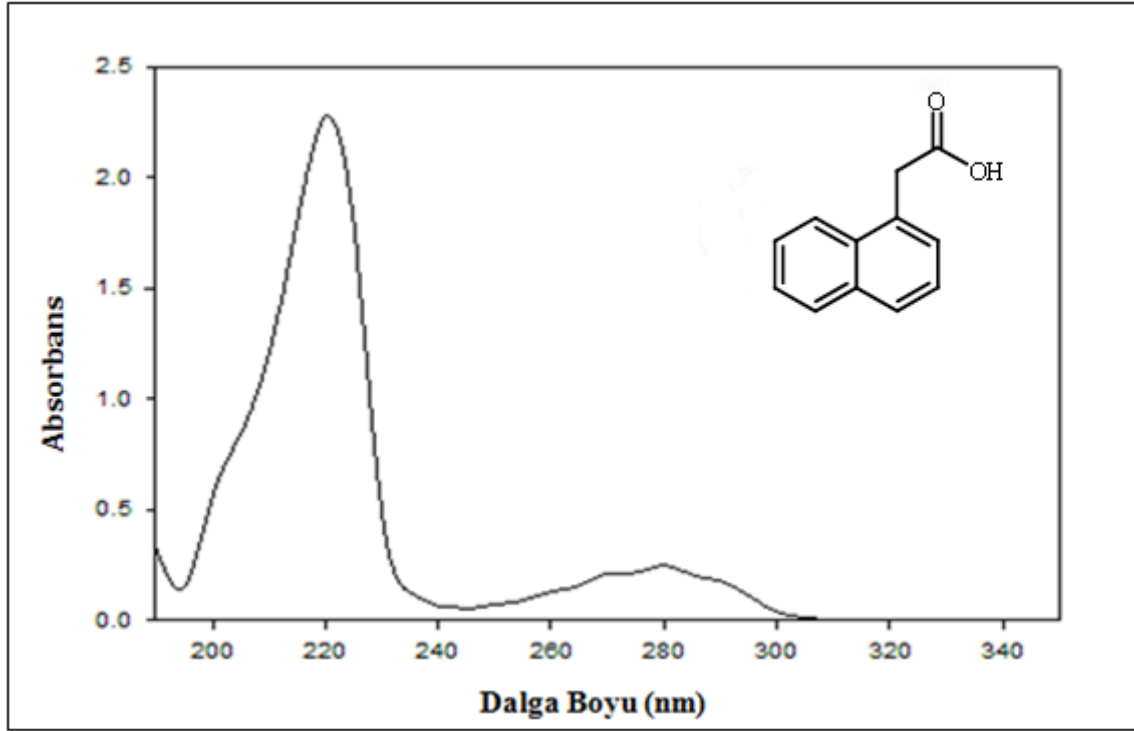
**Çizelge 3. 1.NAA'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri (U.S. Epa 2007).**

<b>Adı</b>	Naftalin Asitik Asit
<b>Kimyasal Formülü</b>	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>
<b>Molekül Ağırlığı</b>	186,20 g/mol
<b>CAS No</b>	86-87-3
<b>Toksosite</b>	Akut Oral LD <sub>50</sub> : 2520 mg/kg (insanlar için) Akut Oral LD <sub>50</sub> : 1000 mg/kg (sıçanlar için)
<b>Çözünürlük ( suda 20°C)</b>	0.38 g/L
<b>Kimyasal Yapısı</b>	
<b>Erime Noktası</b>	129-132 °C
<b>Buhar Basıncı (25 °C)</b>	1,59×10 <sup>-5</sup> mmHg

### 3.1.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasallar

Saf olarak NAA Merck Kimyasal Şirketi Darmstadt, Almanya'dan sağlanmıştır Yapısı ve UV spektrumu Şekil 3.1.'de verilmiştir. Deneysel çalışma esnasında hazırlanan tüm kimyasal maddeler için deiyonize su kullanılmıştır. Reaksiyon çözeltisinin pH değeri için NaOH (Merck) (0,1 N ve 1 N) ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Merck) (0,1 N, 1 N ve 2 N) çözeltileri ile ayarlanmıştır. Laboratuvar ölçekli çalışmalarda iki farklı demir tuzu kullanılmıştır. Fenton yöntem deneylerinde, Merck firmasından tedarik edilen FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O %5'lik stok çözelti olarak hazırlanmış ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%30, ağırlıkça) çözeltisi, Fenton-benzeri yöntem deneylerinde ise Merck firmasından tedarik edilen FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O %5'lik stok

çözelti olarak hazırlanmış ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%30, ağırlıkça) çözeltisi kullanılmıştır. Fenton yöntemlerinde kalıntı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 'in giderilmesi için MnO<sub>2</sub> (ZAG marka, Türkiye) tozu kullanılmıştır.



Şekil 3. 1. NAA' nın kimyasal yapısı ve UV spektrumu

### 3.1.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan cihazlar

- VELP-Scientifica marka FC6S Model Jar Test Cihazı (Milan, İtalya)
- Millipore marka deiyonize su cihazı (R=18M  $\Omega$  1/cm)
- Hach Lange DR 5000 marka spektrofotometre
- Agilent 1200 Series HPLC cihazı
- Shimadzu-5050A TOK analiz cihazı
- Sartorius Marka 0,47  $\mu$ m Filtre Kâğıdı(Sartorius-Class-microfiber Discs)
- Sartorius Marka Pt-10 Model pH metre (Sartorius, Almanya)
- AKM seti (Sartorius, Almanya)
- KOİ Seti
- Pipetler (2-20  $\mu$ l,100-1000 $\mu$ l,0,5-5 ml)

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Analitik ölçüm yöntemleri

KOI ölçümlerinde, APHA Standard Metot'un (1998), 5220 B. Open Reflux Metodu kullanılmıştır. Tüm deneysel çalışmalar oda sıcaklığında (20-22 °C) gerçekleştirilmiştir. Toplam Organik Karbon (TOK) analizleri Shimadzu-5050A TOK analiz cihazı ile ölçülmüştür. Çözünmüş demir iyonu konsantrasyonları, "spectrophotometric 1,10-phenanthroline method" kullanılarak ölçülmüştür (Apha ve Awwa 1998). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ölçümleri, I<sub>3</sub><sup>-</sup> metodu kullanılarak, 351 nm'de Hach Lange DR5000 spektrofotometre yardımıyla ölçülmüştür (Klassen ve ark. 1994).

NAA konsantrasyonları Diode Array Dedektörlü (DAD) (Agilent Technologies, CA, USA), ters faz sıvı kromatografisi prensibiyle çalışan Agilent 1200 Series HPLC kullanılarak yapılmıştır. Ayrım işlemi ZORBAX SB kolon (3 mL/min akım hızı, C8-3.5 µm-75 mm (L) × 4.6 mm) yardımıyla 78% su içeren 0,1% trifluoroacetic acid (TFA) ile 0,1% TFA içeren 22% oranında asetonytril (ACN) ve 10µL enjeksiyon hacmi ile 60 °C 'de gerçekleştirilmiştir. NAA 'nın belirlenmesi için dedektörün dalga boyu 254 ± 20 nm' ye ayarlanmıştır.

### 3.2.2. Deneysel çalışmalar ve çalışma düzeneği

Fenton oksidasyonu sürecinde reaktiflerin (Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) türü ve konsantrasyonunun, tepkime koşullarının (pH, sıcaklık) ve ortamda bulunan organik ve inorganik madde miktarlarının belirleyici olduğu ifade edilmektedir. Bu parametrelerin aralarındaki ilişkilerin (ve muhtemel etkileşimlerin) bilinmesi, OH•'lerinin oluşumunun ve tüketilmesinin matematiksel ifadesinde önem taşımaktadır (Yoon ve ark. 2001, Ece 2005). Fenton ve Fenton-benzeri deneylerinde etkili parametrelerin optimum değerleri tespit edilmiştir. Öncelikle optimum pH belirlenmiştir ve daha sonra optimum dozajlar tespit edilmiştir. Fenton ve Fenton-benzeri deneylerinde giriş NAA konsantrasyonu 0,5 mM (100 mg/L) olarak seçilmiştir. Reaksiyonların uygun şekilde meydana gelmesi için Fe iyonu 0,2-1,2 mM ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0,2-2,5 mM konsantrasyonlarında çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Fenton ve Fenton-benzeri deneylerde KOİ gideriminde en yüksek verimi sağlayacak optimum dozların belirlenmesi amacıyla Fenton yönteminde 500'er ml'lik numunelerde 2-6 pH değerlerinde farklı dozlarda  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0,2-1,2 mM) ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0,2-2,5 mM) konsantrasyonları denenmiştir. Fenton-benzeri yönteminde yine aynı şekilde numuneler 2-6 pH değerlerinde, farklı dozlarda  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (0,2-1,2 mM) ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0,2-2,5 mM) konsantrasyonları ayarlanarak Şekil 3.2.'de görülen Jar testi düzeneğinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3. 2.** Fenton deneylerinin yapıldığı Jar Test düzeneği.

Optimum pH değerini belirlemek amacıyla 0,1 N, 1 N ve 2 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ve 0,1 N ve 1 N NaOH kullanılarak 500ml'lik sentetik atıksu numunelerinin pH değeri 2-6 arasına ayarlanmıştır. Optimum pH değeri belirlenirken numunelere Fenton yöntemine  $\text{FeSO}_4$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$ , Fenton-benzeri yöntemlere ise  $\text{FeCl}_3$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  ilave edildikten sonra sentetik atıksu numuneleri 120 dev/dk.'da 2 dakika, 30 dev/dk.'da 20 dakika yavaş karıştırılmıştır. Fe'in çökmesi için pH= 7,5-8 aralığına getirilerek çökmenin sağlanabilmesi için minimum 2 saat süre ile numuneler bekletilmiştir. 2 saatlik çökme işleminden sonra üst sıvıdan yaklaşık olarak 50ml alınarak fazla  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin giderilmesi için 2-3 gr  $\text{MnO}_2$  eklenerek 15 dakika karıştırılmıştır. Manganlanmış sentetik atıksu askıda katı madde (AKM) düzeneğinde  $0,45\mu\text{m}$ 'lik filtrelerden süzülerek örneklerde

KOI ve TOK deneyleri yapılmıştır. KOI ölçümlerinde kalıntı  $H_2O_2$ 'in girişim yapmasının engellenmesi için atıksu içerisine  $MnO_2$  ilave edilmiştir.

Optimum pH bulunduktan sonra optimum pH'da optimum Fe konsantrasyonu deneyleri yapılmıştır. Sentetik atıksu numunelerine sabit  $H_2O_2$  (0,6 mM) dozlanmıştır ve farklı dozlarda  $FeSO_4$  ve  $FeCl_3$  (0,2-1,2 mM) ilave edilmiştir ve optimum pH belirlemek için izlenen yol izlenerek KOI ölçümlerinde elde edilen sonuçlara göre optimum  $FeSO_4$  ve  $FeCl_3$  dozları belirlenmiştir. Optimum  $FeSO_4$  ve  $FeCl_3$  dozları belirlendikten sonra optimum  $H_2O_2$  dozunun belirlenmesi için  $FeSO_4$  ve  $FeCl_3$  (0,5mM) dozları sabit tutularak farklı dozlarda  $H_2O_2$  (0,2-2,5 mM) eklenmiş ve yukarıdaki işlemler aynen uygulanmış KOI ölçümlerine göre optimum  $H_2O_2$  bulunmuştur.

24 saatlik sürekli ölçümler sırasında anlık alınan numunelerde reaksiyonun devam etmesini engellemek için pH, 10 değerinin üzerine çıkarılmıştır.

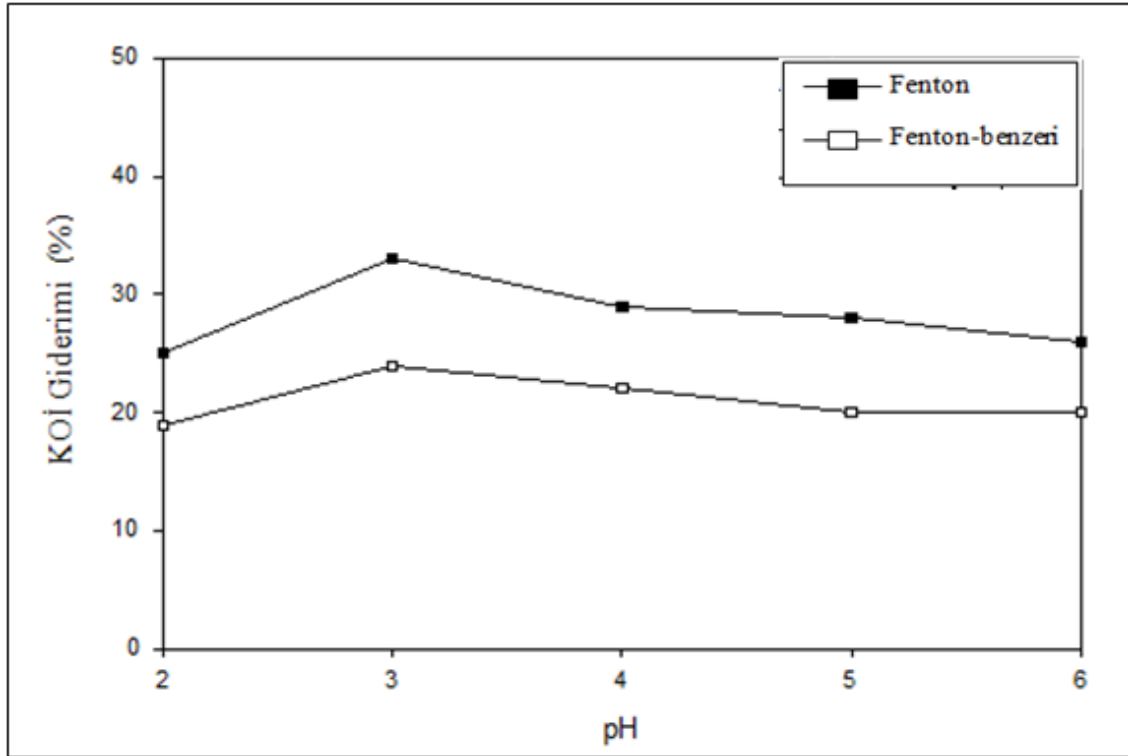
## 4.BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Fenton ve Fenton-benzeri Deneyleleri

#### 4.1.1. Fenton ve Fenton-benzeri yöntemlerde optimum pH seçimi

Çalışma kapsamında uygulanan Fenton yönteminde farklı pH değerlerinde elde edilen KOİ giderim verimleri Şekil 4.1' de gösterilmektedir.

Çalışmada pH parametresinin KOİ giderim verimi üzerindeki etkileri pH 2-6 aralığında, [NAA] =0,5 mM (100 mg/L) ve FP için;  $[Fe^{+2}] = 0,2mM$ ,  $[H_2O_2] = 0,2 mM$ , FLP için;  $[Fe^{+3}] = 0,2 mM$ ,  $[H_2O_2] = 0,2 mM$  değerlerinde çalışmalar yapılmıştır.



**Şekil 4. 1.** Farklı pH değerlerinde KOİ giderim verimleri (NAA içeren sentetik atıksu için deneysel koşullar; NAA= 0,5 mM(100 mg/L),  $[Fe^{+2}]/ [H_2O_2] = 0,2mM/0,2 mM$ ,  $[Fe^{+3}]/ [H_2O_2] = 0,2 mM/0,2 mM$  t=20-22<sup>0</sup>C).

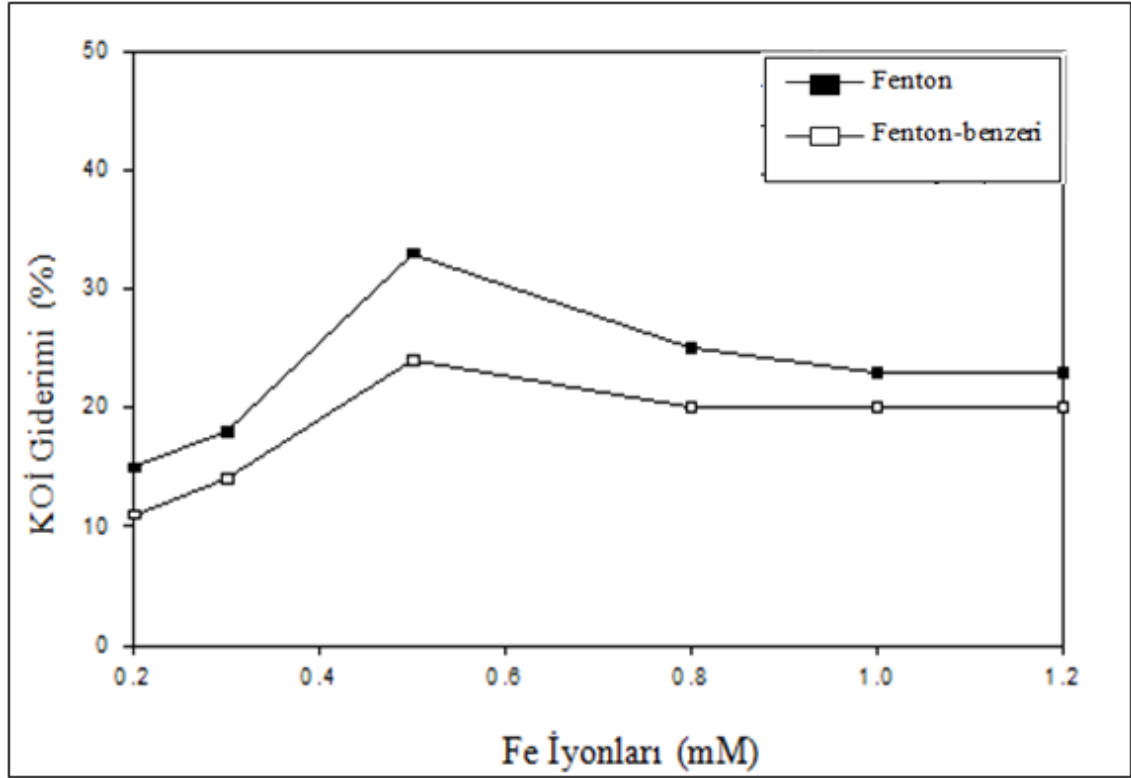
Şekil 4.1' de görüldüğü gibi FP ve FLP yöntemlerinde en yüksek KOİ giderim verimine pH 3 değerinde ulaşılmıştır. Yöntemlerde farklı pH değerlerinde benzer verimler elde edilmekle beraber Fenton yönteminde daha yüksek verim elde edilmiştir. Optimum pH değerinde elde edilen KOİ giderim verimleri Fenton yöntemi için %33 ve Fenton-

benzeri yöntemi için %24'dir. Bu sonuçlar daha önce yapılmış olan çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Fenton ile oksidasyonda en önemli parametrelerden biri pH değeridir. Atıksu giderim çalışmalarında uygun ortam ve uygun verim yakalanması açısından pH önemli bir etkiye sahiptir. Fenton yöntemi ile kirleticilerin parçalanmasında işletme pH'ı etkin bir parametredir (Lin ve Lo 1997, Kang ve Hwang 2000). Fenton yöntemlerinde yapılan çalışmalarda, çoğunlukla optimum pH olarak 3 bulunmuştur (Neyens ve Baeyens 2003). Daha düşük pH'larda  $[\text{Fe}^{+2}(\text{H}_2\text{O})]^{+2}$  oluşumu meydana geldiğinden daha az hidroksil radikali üretilmektedir. pH>4 olması halinde  $\text{Fe}^{+2}$  komplekslerinin oluşumundan dolayı parçalanma hızı azalır (Gürtekin ve Şekerdağ 2008a).

#### **4.1.2. Demir iyonu ( $\text{Fe}^{+2}$ , $\text{Fe}^{+3}$ ) konsantrasyonunun giderim verimine etkisi**

Yapılan çalışmalarda uygun demir konsantrasyonlarının bulunması yöntemin yeterli verimi sağlaması açısından çok önemlidir. Şekil 4.2' de Fe iyonu konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Çalışmada sabit pH ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  (pH 3 ve  $\text{H}_2\text{O}_2 = 0,6$  mM) dozunda farklı Fe dozları (0,2mM-1,2mM) denenerek uygun Fe dozu bulunmuştur.



**Şekil 4. 2.** Fenton ve Fenton-benzeri yöntemler için farklı Fe iyonu değerlerindeki KOI giderim verimleri (NAA içeren sentetik atıksu için deneysel koşullar; NAA= 0,5 mM (100 mg/L), pH=3, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=0,6 mM, t=20-22<sup>0</sup>C).

Şekil 4.2’ de görüldüğü üzere Fenton ve Fenton-benzeri yöntemlerde en yüksek KOI giderimi Fe<sup>2+</sup> ve Fe<sup>3+</sup> iyon konsantrasyonları için 0,5 mM bulunmuştur. KOI giderimi verimleri Fenton yönteminde %33, Fenton-benzeri yöntemde KOI giderimi verimi %24’dür.

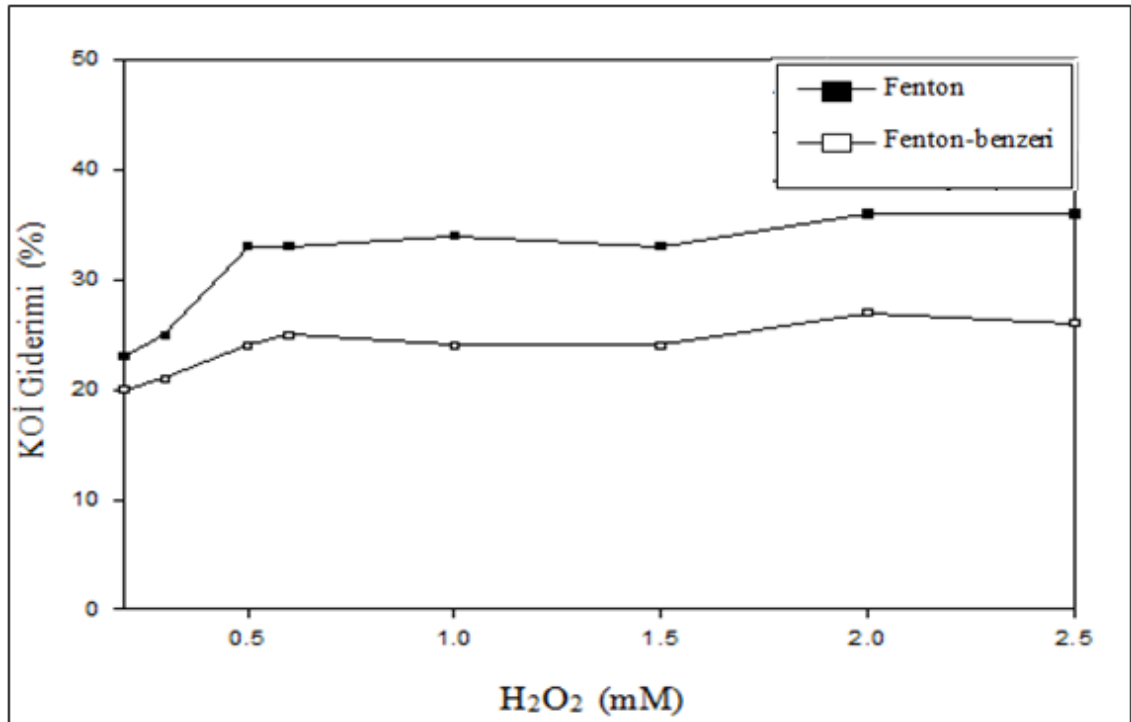
Demir iyonları (Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> üzerinde katalitik ayrıştırma etkisine sahiptir (Tamimi ve ark. 2008). Fe<sup>3+</sup> katalizörü kullanılarak gerçekleştirilen Fenton-benzeri reaksiyona nazaran, Fe<sup>2+</sup> katalizörü kullanılarak gerçekleştirilen Fenton reaksiyonunda OH<sup>•</sup> oluşumu daha hızlı ve oluşan miktarı daha fazladır. Bu nedenle pestisit ayrışma verimi daha yüksek ve reaksiyon süresi daha kısadır (Pignatello 1992). Fenton reaksiyonunda Fe<sup>2+</sup> iyonu doğrudan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile reaksiyona girerek OH<sup>•</sup> oluşturur. Fenton-benzeri reaksiyonunda ise Fe<sup>3+</sup> iyonu önce Fe<sup>2+</sup> iyonuna indirgenir, bu nedenle OH<sup>•</sup> oluşumu daha yavaştır (Zapata ve ark. 2009). Fenton reaksiyonunda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hızlıca tüketilir ve daha sonraki reaksiyon kademesinde Fe<sup>3+</sup> iyonları ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’nin ayrışması yavaşlar. Fe<sup>3+</sup> iyonunun azalımı, Fe<sup>2+</sup> iyonunun azalımından daha düşüktür ve bu ayrışma hızını belirleyen adımdır (Neyens ve Baeyens 2003, Azak 2012).



Demir iyonu konsantrasyonunun artmasıyla parçalanma hızı artar. Ancak, belli konsantrasyonun üzerinde parçalanma hızı oldukça azdır. Hatta, fazla demirin kullanılmasından dolayı çıkışta çözünmüş veya askıdaki demir miktarı artmaktadır. (Gürtekin ve Şekerdağ 2008b).

#### 4.1.3. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonunun giderim verimine etkisi

Şekil 4.3’ de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozunun belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.



Şekil 4. 3. Farklı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Konsantrasyonlarında KOİ giderim verimleri (NAA içeren sentetik atıksu için deneysel koşullar; NAA= 0,5 mM (100 mg/L), pH=3, [Fe<sup>+2</sup>]= 0,5mM [Fe<sup>+3</sup>]= 0,5 mM, t=20-22<sup>0</sup>C).

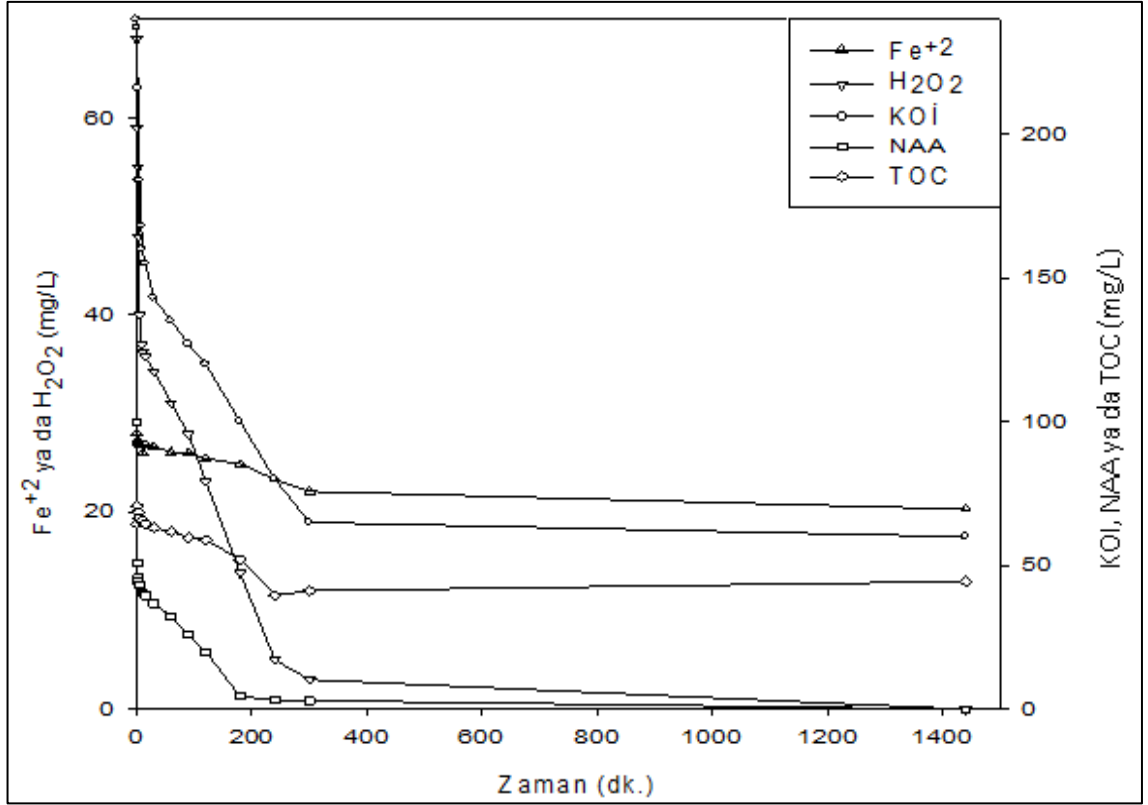
Şekil 4.3 incelendiğinde Fenton ve Fenton-benzeri yöntemlerde en yüksek giderim verimi her iki yöntem için H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> =2 mM dozunda ulaşılmış ve KOİ giderimi verimi sırasıyla %36 ve %24 olarak bulunmuştur.

Fenton oksidasyonu yönteminde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu önemli role sahiptir. Genellikle kirleticilerin oksidasyonu, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonunun artmasıyla artar (Lin ve Peng 1995, Lin ve Lo 1997, Kwon ve ark. 1999, Lin ve ark. 1999, Kang ve Hwang 2000, Rivas ve ark. 2001). Bununla birlikte kullanılacak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarı ile ilgili olarak bazı istenmeyen durumlar oluşabilir. Kalıntı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> KOİ değerine katkıda bulunur (Lin ve Lo 1997). Bu

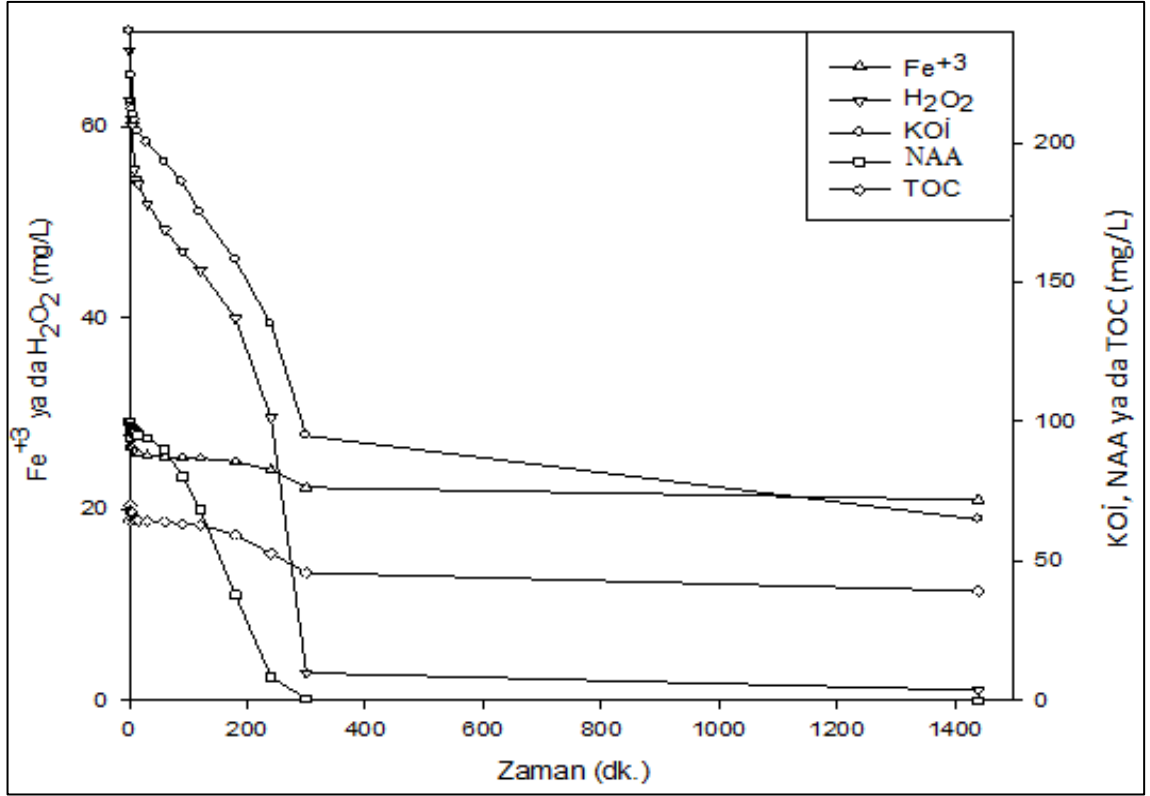
sebeple aşırı miktarda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanılması tavsiye edilmemektedir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin bir diğer olumsuz etkisi de yüksek miktarda uygulandığında oluşan OH<sup>•</sup> ile reaksiyona girerek indirgenmesidir. Bu sebeplerden dolayı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozajının optimum düzeyde tutulması gerekmektedir. (Ece 2005).

#### **4.1.4. Fenton yöntemleri için NAA parçalanma kinetikleri**

NAA'nın en etkin giderim verimini sağlayacak optimum doz ve pH'ın belirlendiği yukardaki çalışmalar ışığında sistem kinetiğinin gözlemlenmesi için optimum Fe<sup>+2</sup> ve Fe<sup>+3</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonlarında pH=3 değerinde 0,5 mM (100 mg/L) NAA çözeltisi kullanılarak 24 saat süreli deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışma sonuçları FP ve FLP için sırasıyla Şekil 4.4 ve Şekil 4.5' te verilmiştir. Deney sonuçlarında da görüldüğü gibi NAA 24 saatlik periyot süresince azalma göstererek, FLP için 300 dk. içerisinde hemen tükenmiştir. FP için NAA'nın tükenmesi ise daha uzun bir periyotta meydana gelmektedir. Bu periyot sonunda NAA, FP ve FLP deneyleri sonucunda her iki proseste %100 oranında parçalanma tespit edilmiştir.



**Şekil 4. 4.** Fenton yönteminde zamana bağlı, KOİ, NAA, TOK, Fe<sup>2+</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyon değişimleri ([NAA]= 0,5 mM (100 mg/L); [Fe<sup>2+</sup>] = 0,5 mM; [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] = 2 mM; pH = 3).



**Şekil 4. 5.** Fenton-benzeri yöntemde zamana bağlı, KOİ, NAA, TOK, Fe<sup>+3</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyon değişimleri ([NAA]= 0,5 mM (100 mg/L); [Fe<sup>+3</sup>] = 0,5 mM; [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] = 2 mM; pH = 3).

NAA'nın parçalanma ve mineralizasyonu birinci derecede kinetiğe (Pseudo) uygunluk göstermiştir, Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin tükenmesi ise sıfırıncı derece kinetiğe uygunluk göstermiştir. Elde edilen sayısal veriler Çizelge 4.1' de gösterilmektedir.

**Çizelge 4. 1.** NAA'nın parçalanması ve mineralizasyonu ile ilgili reaksiyon katsayıları ve giderim oranları (%).

		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		Fe		NAA		KOİ		TOK	
		(mg/L.dk)		(mg/L.dk)		(1/dk)		(1/dk)		(1/dk)	
		FP	FLP	FP	FLP	FP	FLP	FP	FLP	FP	FLP
t = 0-5 dk	k	2,7	0,6	0,125	0,25	0,038	0,007	0,06	0,029	0,015	0,017
	r <sup>2</sup>	0,99	0,95	0,993	0,97	0,970	0,998	0,99	0,98	0,997	0,98
	%	67	11	3,9	5,5	56,8	2,5	23	12	4,2	2,7
t = 5 dk - 24 sa	k	0,16	0,155	0,014	0,012	0,011	0,01	0,0033	0,0007	0,0013	0,0003
	r <sup>2</sup>	0,986	0,94	0,976	0,992	0,985	0,994	0,998	0,996	0,994	0,985
	%	100	100	24	21	100	100	68	69	33	41
t = 0-24 sa	k	0,193	0,16	0,015	0,013	0,011	0,01	0,0037	0,0008	0,0012	0,0003
	r <sup>2</sup>	0,985	0,96	0,98	0,98	0,992	0,990	0,975	0,982	0,97	0,97
	%	100	98	27,5	25	100	100	75	73	31	39

Fenton ve Fenton-benzeri deneylerde KOİ gideriminde en yüksek verimi sağlayacak optimum dozların belirlenmesi amacıyla numunelerde 2-6 pH değerlerinde farklı dozlarda FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (0,2-1,2 mM) ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0,2-2,5 mM) konsantrasyonları denenmiştir. Fenton-benzeri yönteminde yine aynı şekilde numuneler 2-6 pH değerlerinde, farklı dozlarda FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (0,2-1,2 mM) ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0,2-2,5 mM) konsantrasyonları ayarlanarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, FP için; pH=3, Fe<sup>+2</sup>=0,5 mM ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=2 mM, FLP için ise; pH=3, Fe<sup>+3</sup>=0,5 mM ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=2 mM dozları optimum olarak tespit edilmiştir.

Tespit edilen optimum şartlar ile 24 saatlik giderim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, FP için; KOİ ve TOK ve NAA giderim verimleri sırasıyla; %75, %31 ve %100 olarak belirlenmiştir. FLP için ise; KOİ ve TOK ve NAA giderim verimleri sırasıyla; %73, %39 ve %100 olarak belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırıldığında bu sonuçların daha önceki çalışmalarla paralellik gösterdiği görülmektedir. Yaptığımız bu çalışmada KOİ parametresinin yanı sıra kirletici maddenin mineralizasyon ve degradasyon yönünden giderim verimleri de tespit

edilmiştir. Çizelge 4.2.'de daha önce yapılmış benzer çalışmalar özet halinde gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 2.** Fenton yöntemleri ile pestisit giderimi çalışmaları

<b>Kullanılan Giderim Yöntemi</b>	<b>Çalışmayı Gerçekleştiren</b>	<b>Çalışmanın Gerçekleştirildiği Koşullar</b>	<b>KOİ Giderimi (%)</b>	<b>TOK Giderimi (%)</b>	<b>Pestisit Giderimi (%)</b>
Fenton Yöntemi	Özdemir ve ark. (2008)	pH=3, Fe <sup>2+</sup> =1mM, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =1,56 mM	99,8	--	--
Fenton Yöntemi	Li ve ark. (2009)	pH=4, Fe <sup>2+</sup> =2,5 g/L, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =100 ml/L	96,3	--	--
Fenton Yöntemi	Üstün ve ark. (2010)	pH=3, Fe <sup>2+</sup> =0,2 mM, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =0,6mM	53	16,2	97
Fenton-benzeri Yöntemi	Üstün ve ark. (2010)	pH=3, Fe <sup>2+</sup> =0,2mM, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =1mM	40	50	98
Fenton Yöntemi	Fan ve ark. (2011)	pH=3, Fe <sup>2+</sup> =1mM, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =3mM	--	--	48
Foto-Fenton Yöntemi	Wu ve ark. (2011)	pH=4, Fe <sup>2+</sup> =40mM, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =160mM	--	27,6	78,9
Fenton Yöntemi	Bensalah ve ark. (2011)	pH=3, Fe <sup>2+</sup> =1mM, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =3mM	--	95	--
<b>Fenton Yöntemi</b>	<b>Tez çalışması kapsamında yaptığımız çalışma (2012)</b>	<b>pH=3, Fe<sup>2+</sup>=0,5mM, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=2mM</b>	<b>75</b>	<b>31</b>	<b>100</b>
<b>Fenton-benzeri Yöntemi</b>	<b>Tez çalışması kapsamında yaptığımız çalışma (2012)</b>	<b>pH=3, Fe<sup>2+</sup>=0,5mM, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=2mM</b>	<b>73</b>	<b>39</b>	<b>100</b>

#### 4.2. Birim Atıksu Maliyeti

FP ve FLP yöntemleri için işletme maliyetleri gerçekleştirilmiş ve hesaplamalar sonucunda elde edilen maliyet değerleri Çizelge 4.2’te verilmiştir. Birim atıksu maliyet hesaplamaları m<sup>3</sup> başına, işletme masrafları olan kimyasal maddeler dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Maliyet profiline laboratuvar masrafları ve çamur bertaraf maliyeti dahil edilmemiştir. Önerilen arıtma alternatifleri kıyaslandığında, maliyet bakımından FP’nin çok az da olsa FLP arıtma alternatifine göre maliyet açısından daha uygun olduğu bulunmuştur.

**Çizelge 4. 3.** Çalışılan yöntemlerin işletme maliyetleri.

Kimyasallar	Birim	Maliyet (€)	Yöntem	Arıtma Maliyeti (€/m <sup>3</sup> )
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	kg	0,23	Fenton	0,101
FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	kg	0,25	Fenton-benzeri	0,108
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	kg	0,55		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kg	0,25		
NaOH	kg	0,32		

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada yüzeysel ve yeraltı sularına karışma riski bulunan ve toksik özelliğe sahip bir BGD türü olan NAA kullanılarak hazırlanan sentetik atıksu numuneleri üzerinde Fenton yöntemi ve Fenton-benzeri yöntemleri uygulanmıştır ve KOİ, TOK ve NAA ölçümleri yapılarak giderim verimleri hesaplanmıştır. Deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş bu yöntemleri etkileyen parametreler incelenerek optimum işletme koşulları tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmektedir.

Yapılan çalışmalarda öncelikle Fenton ve Fenton-benzeri yöntemlerini etkileyen parametrelerin uygun değerleri tespit edilmiştir. Fenton ve Fenton-benzeri yöntemlerine etkileyen parametreler; pH, Fe iyonu dozu ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozlarıdır. Çalışmada en uygun değerlerin tespit edilebilmesi için; Fe iyonu 0,2-1,2 mM ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0,2-2,5 mM dozları arasında deneyler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Fenton yönteminde en iyi giderim verimi için elde edilen optimum koşullar; pH=3, Fe<sup>+2</sup> =0,5 mM; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> =2 mM olarak bulunmuştur ve bu koşullardaki KOİ giderimi verimi %36 olarak bulunmuştur. Daha sonra bu ortam şartlarında 24 saatlik sürekli ölçüm denemeleri yapılmış ve KOİ, TOK ve NAA için elde edilen giderim verimleri sırasıyla; %75, %31 ve %100 olarak belirlenmiştir. Fenton-benzeri yöntemlerde elde edilen optimum koşullar ise; pH=3; Fe<sup>+3</sup> =0,5 mM; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> =2 mM olarak tespit edilmiştir ve bu koşullardaki KOİ giderimi verimi ise %24 olarak bulunmuştur. Daha sonra aynı ortam şartlarında 24 saatlik sürekli ölçüm denemeleri yapılmış ve KOİ, TOK ve NAA için elde edilen giderim verimleri sırasıyla; %73, %39 ve %100 olarak belirlenmiştir.

Yukarıdaki sonuçlar göstermektedir ki Fenton ve Fenton-benzeri yöntemler ile NAA'ın parçalanma ve mineralizasyon neticesinde atıksulardan gideriminin etkin bir şekilde sağlanabileceği tespit edilmiştir. Fenton ve Fenton-benzeri yöntemleri ile pestisit giderimi örnekleri yeni gelişmekte olan uygulamalardır ve gelecekte arıtma yöntemi olarak pratik uygulamalarının yaygınlaşacağı ve gelişeceği öngörülmektedir. NAA'ın tarımda sıkça kullanılması ve bu maddelerin sulara karışması sağlık açısından risk teşkil etmektedir. Ayrıca bu organik maddenin kullanımda herhangi bir kısıtlama ya da kullanım tekniğinin olmaması yanında bu kirleticilerin doğaya karışması halinde



herhangi bir sağlık riski oluşturmadan bertarafı yönünde bir çalışmanın olmaması ciddi bir sorun olarak üzerinde durulmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla bu maddelerin doğaya karışmadan uygun arıtma yöntemleri ile giderimi büyük önem arz etmektedir.

Dünyada artan gıda talebinin karşılanması açısından BGD kullanımı tarımsal faaliyetlerde vazgeçilmez uygulamalar haline gelmiştir. Yoğun ve bilinçsiz BGD kullanımı doğada tüm canlı yaşamı açısından önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür maddelerin insan ve diğer canlı vücudunda birikerek çeşitli sağlık sorunları meydana getirdiği birçok araştırma ile ortaya konmuştur.

Bursa ili tarımsal faaliyetlerin çok yoğun gerçekleştiği ve tarımsal faaliyetlerde BGD kullanımının sıklıa görüldüğü illerimizdendir. Bursa'nın geniş tarımsal uygulama alanlarına ve geniş bir nüfusa sahip olmasından dolayı bu faaliyetlerde kullanılan kimyasal maddelerinin kontrolü gerekmektedir. Bu amaçla yapılan bu alışma Bursa ilimiz başta olmak üzere diğer tüm tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği yerlerde temiz ve güvenilir tarımsal üretim gerçekleştirilmesi ve kullanılan tarımsal üretim tekniklerinin doğaya en az zarar verecek şekilde uygulanabilir olmasını sağlamaya yönelik olarak yararlı bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akal Solmaz, S.K., Azak, H.S., Üstün, G.E., Morsünbül, T. 2010.** Pestisit Gideriminde Fenton Proseslerinin Kullanımına Yönelik Bir Envanter Çalışması Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. Cilt 15, Sayı 1,179-194.
- Akbal, F., Balkaya, N. 2002.** Toksik Organik Kirleticilerin Gideriminde İleri Oksidasyon Teknolojileri, YTÜD 2002/4, S47-55, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kurupelit-Samsun
- Akgönül, B. , Erem,C., Çınar, D., Halimoğlu, G., 2009.** Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar. Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği. Ders Notu.
- Akgül, H. 2008.** “Büyüme ve Gelişim Düzenleyiciler”, Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Yayını, Yayın No:12.
- Akyol, H. 2008.** Bitki Gelişim Düzenleyicileri Ve Etki Mekanizmaları. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Samsun
- Alaton, İ.A., Gürses, F. 2004.** Penisilin Prokain G Antibiyotik Formülasyo Atıksuyunun Fenton-benzeri ve Foto-fenton-benzeri İleri Oksidasyon Prosesleri ile Arıtılabilirliğinin İncelenmesi, SKKD Cilt 14, Sayı 1, S.11-16.
- Anonim 1999.** Zirai Mücadelede Kullanılan Pestisit Ve Benzeri Maddelerin Ruhsatlandırılması Hakkında Yönetmelik Tarım ve Köyişleri Bakanlığında: R.G. Tarihi: 17/02/1999. R.G. Sayısı: 23614
- Anonim 2003.** Pesticides in Drinking Water, Division of Environmental and Occupational Health Consumer and Environmental Health Services. New Jersey Department of Environmental Protection (NJDEP).
- Anonim 2007.** www.zmo.org.tr. Yücel, Ü., Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Nükleer Kimya Bölümü.
- Anonim 2009.** Hürriyet Tarım İl Müdürlüğü, Bitki Koruma İl Şube Müdürlüğü, Bursa, [http: www.kkgm.gov.tr](http://www.kkgm.gov.tr)
- Anonim 2010a.** Bitki Gelişimini Düzenleyiciler (BGD)-Hormonlar. Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. <http://www.tarim.gov.tr>-(Erişim tarihi: 20.03.2012).
- Anonim 2011.** Material Safety Data Sheet.1-Naphthaleneacetic acid MSDS. . <http://www..science Lab.com>-(Erişim tarihi: 10.01.2012)
- Anonim 2010b.** White’s Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants, 5th edition, by Black & Veatch Corporation.John Wiley & Sons, Inc. 976-1002.
- Apha, Wef And Awwa. 1998.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., APHA, Washington, DC, USA.

**Arslan, I. 2000.** Treatment of Reactive Dye-Bath Effluents by Heterogeneous and Homogeneous Advanced Oxidation Processes, Submitted to the Institute of Environmental Sciences in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Environmental Technology, Bogazici University.

**Aydoğdu M, Boyraz N. 2005.** Bitki Büyüme Düzenleyicileri (Hormon) ve Hastalıklara Dayanıklılık, Bitkisel Araştırma Dergisi 1: 35–40.

**Azak, H. 2012.** İleri Oksidasyon Prosesleri İle Sulardan Pestisit Gideriminin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, *Doktora Tezi*, Bursa.

**Babaoğlu, M. 2002.** Bitki Büyüme Düzenleyicileri Türkiye’deki Durum ve Sağlık Açısından Değerlendirmeler, Ders Notları, Selçuk Üni. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Bölümü, Konya.

**Badawy, M.I., Ghaly, M.Y., Gad-Allah, T.A. 2006.** Advanced oxidation processes for the removal of organophosphorus pesticides from wastewater. *Desalination* 194, 166–175.

**Balkaya, N., Arslan, A. 2004.** Sulu Çözeltilerdeki Pestisitlerin güneş Işığı Etkisiyle Bozunumu, *Ekoloji* 14, 53, 18-24.

**Balkaya N., Bayraklı, F. 2000.** Atıksularda Pestisit Arıtım Yöntemleri. In: Tarımsal Çevre ve Su Kirliliği Semineri Tebliğler Kitabı, 26-28 Eylül 2000, Samsun, 33-40.

**Balkaya N. 1998.** Pesticide Removal Method. In: Proceedings of 1st International Workshop on Environmental Quality and Environmental Engineering in the Middle East Region. Bahadır M, Burdurlu Y (eds), October 5-7, 1998, Konya, 196-203.

**Barbusinski, K., Filipek, K. 2001.** Use of Fenton’s Reagent for Removal of Pesticides from Industrial Wastewater. *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 10, No. 4, 207-212.

**Barciszewski, J., Siboska, G., Rattan, S.I.S., Clark, B.F.C. 2000.** Occurrence, biosynthesis and properties of kinetin (N<sup>6</sup>-furfuryladenine). *Plant Growth Regul.* 32, 257-265.

**Barut, E. 1995.** Gelecekte Bahçe Bitkilerinde Büyüme Düzenleyici Maddelerin Kullanımı. *Derim*, 11(3):141-144s. Antalya.

**Birgöl, A. 2006.** Tekstil Endüstrisi Atıksu Arıtımında İleri Oksidasyon Proseslerinin Kullanımı, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Bursa.

**Bolognesi, C., Parrini, M., Bonassi, S., Ianello, G., Salanitto, A., 1993.** Cytogenetic analysis of a human population occupationally exposed to pesticides. *Mutation Research*, 285;239-249.

**Bolton, J. R. 2001.** Ultraviolet Applications Handbook, Bolton Photosciences Inc., Edmonton, Canada, p.40.

**Budak, N., Çalışkan, C.F., Çaylak, Ö. 1994.** Bitki büyüme regülatörleri ve tarımsal üretimde kullanımı, Ege Üniv. Zir. Fak. Dergisi, 31, 289-296.

**Canizares, P., Paz, R., Sáez, C., and Rodrigo, M.A. 2009.** Costs of the electrochemical oxidation of wastewaters: A comparison with ozonation and Fenton oxidation processes, Journal of Environmental Management, Cilt 90, No 1, 410- 420.

**Carrano A.V., Natarajan A.T. 1988.** Considerations for population monitoring using cytogenetic techniques. Mutat Res;204(3): 379-406.

**Chelme-Ayala, P., Gamal El-Din, M. , Smith, D. W., Adams, C. D., 2011.** Oxidation kinetics of two pesticides in natural waters by ozonation and ozone combined with hydrogen peroxide. Water Research xxx (2011) 1-10.

**Chen, G.H., Lei, L.C., Hu, X.J., Yue, P.L. 2003.** Kinetic study into the wet air oxidation of printing and dyeing wastewater. Sep. Purif. Technol. 31, 1, 71-76.

**Comninellis, C., Kapalka, A., Malato, S., Parsons, S.A., Poulios, L., Mantzavinos, D. 2008.** Advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for R&D, J. Chem. Technol. Biotechnol. 83 (2008) 769–776.

**Crum, L.A., Mason, T.J., Reisse, J.L., Suslick, K.S. 1999.** Sonochemistry and Sonoluminescence, Kluwer Academic, Dordrecht, 363.

**Çelik, D., Tülüce, Y., Özok, N. 2002.** Effects of Indoleacetic Acid and Kinetin on Lipid Peroxidation Levels in Various Rat Tissues, Turk J Biol, 26: 193-196.

**Çelik I., Ozbek H., Tuluçe, Y. 2002.** Effects of subchronic treatment of some plant growth regulators on serum enzyme levels in rats, Turk J. Biol. 26, pp. 73-76.

**Çetinkaya, M. A., Baydan, E. 2006.** Bitki Gelişim Düzenleyicilerin Zehirliliğine Genel Bir Bakış. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi Cilt: 77 Sayı: 4 Syf: 26-31.

**Çimen, İ. 1988.** Meyvecilikte Büyüme Düzenleyicilerin Kullanımı. Derim, 5(3): 134-142s, Antalya.

**Diler, E. 2010.** Sulu Ortamda Bulunan Azo Boyar Maddelerinin Fotokatalitik Oksidasyon Yöntemi İle Parçalanması ve Kinetik Parametrelerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana.

**Dodd, I.C. 2003.** Hormonal interactions and stomatal responses. J. Plant Growth Regul. 22, 32-46.

**Ece, M., 2005.** Yüzey Aktif Maddelerin Kimyasal Oksidasyon Sürecinde Giderimi. *Yüksek Lisans Tezi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Isparta.

**Ergun., F.E. 2004.** Zeytin Karasuyunun Fiziksel ve Biyolojik Yöntemlerle İyileştirilmesi, *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

**Erik, E. Z. 2007.** Tifensülfüron-Metil Herbisitinin Diferansiyel Puls Polarografisiyle Tayini *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

**Ertekin, Ü. 1997.** Örtüaltı Domates Yetiştiriciliği. Ders notları. Antalya. Syf. 62-68.

**Fan, C., Tsui, L. Liao, M.C. 2011.** Parathion degradation and its intermediate formation by Fenton process in neutral environment. *Chemosphere* 82 (2011) 229–236

**Faust, B.C. ve Hoigne, J. 1990.** Photolysis of Fe (III)-hydroxy Complexes as Sources of OH Radicals in Clouds, Fog and Rain. *Atmos. Environ.* 24A: 79–89.

**Filibeli, A., Erden Kaynak, R., 2006.** Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kaynaklar Kampüsü, 35160, Buca, İzmir. İTÜ dergisi/e su kirlenmesi kontrolü Cilt:16, Sayı:1-3, 3-12.

**Gilliom, R.J. 2007.** Pesticides in U.S. Streams and Groundwater, *Environ. Sci. Technol.*, 41 (10), 3408-3414.

**Gizir, M.B. 2006.** NiGürtekinroaromatik bileşiklerin ıslak peroksit ve elektrokimyasal yöntemle oksidasyonlarının karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Adana.

**Glaze, W. H. 1987.** Drinking-Water Treatment with Ozone, *Environ. Sci. Technol.*, 21, 224-230.

**Goi, A. 2005.** Advanced Oxidation Processes For Water Purification And Soil Remediation. Thesis On Chemistry And Chemical Engineering. Faculty of Chemical and Materials Technology Department of Chemical Engineering Tallinn University Of Technology. Kiev, Ukraine.

**Gomez-Arroyo S., Baiza A.M., Lopez G., Villalobos-Pietrini R. 1985.** A comparative study of the cytogenetic effects of the insecticides heptochlor, malathion and methylparathion in *Vicia faba*. *Contam Ambient*; 1: 7-16.

**Gonzalez, M. G., Oliveros, E., Worner, M. and Braun, A. M. 1994.** Vacuum-Ultraviolet Photolysis of Aqueous Reaction Systems, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 5, 225-246

**Gökkuş, Ö., Çiner, F. 2010.** Dıspers Sarı 119 ve Dıspers Kırmızı 167 İçeren Atıksuların Fenton Oksidasyon Prosesi İle Renk ve KOİ Giderimlerinin İncelenmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt* 25, No 1, 49-55.

**Gülelçin, D. 2008.** Gibberellik Asit Ve 24-Epibrassinolid'in Tuz Stresi Koşullarında Çimlendirilen Arpa (*Hordeum Vulgare*) Tohumlarında Total DNA ve Protein İçeriğine Etkilerinin Tespiti, Yüksek Lisans Tezi

**Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997.** Pestisitler, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 52., İlköz Matbaası, Ankara, ISBN 975 - 8088 - 69 – 6

**Güllüoğlu L., Arıoğlu, H.H. 2005.** Harran ovası koşullarında bazı bitki büyüme düzenleyici uygulamalarının ikinci ürün soyada (*Glycine Max* Merrill.) önemli tarımsal özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi, Harran Üni. Ziraat Fak. Dergisi, 9(2), 37-43

**Güneş, Y., Talınlı, İ., 2007.** Pestisit endüstrisi zararlı atıklarının arıtılmasında İnhibisyon. İTÜ dergisi/e su kirlenmesi kontrolü Cilt:17, Sayı:2, 79-86

**Gürses, F. 2004.** Antibiyotik formülasyon atıksularının fenton-benzeri ve foto-fenton-benzeri ileri oksidasyon prosesleri ile arıtılabilirliğinin incelenmesi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Maslak, İstanbul, 82 s.

**Gürtekin, E., Şekerdağ, N. 2008a.** Bir İleri Oksidasyon Prosesi : Fenton Proses, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:14 Sayı:3 S.229-236

**Gürtekin, E., Şekerdağ, N. 2008b.** Fenton Proses İle Tekstil Atıksularından Renk Giderimi. Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi. Cilt 26. Sayı 3, 216-226

**Halloran, N. Kasım, M.U. 2002.** Meyve ve Sebzelerde Büyüme Düzenleyici Madde Kullanımı ve Kalıntı Düzeyleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.Gıda (2002) 27 (5): 351-359

**Hincapie´ , M., Maldonado, M., Oller, I., Gernjak, W., Sanchez- Perez, J., Ballesteros, M., Malato, S. 2005.** Solar photocatalytic degradation and detoxification of EU priority substances. *Catalysis Today* 101 (3–4), 203–210.

**Ikehata, K. And Gamal El-Din, M. 2005.** Aqueous pesticide degradation by ozonation and ozone-based advanced oxidation processes: a review. Part I., *Ozone Sci. Eng.*, 27 (2), 83–114.

**İlhan, F., Kurt, U., Apaydın, Ö., Arslankaya, E., Gönüllü, M.T. 2007.** Elektrokimyasal arıtım ve uygulamaları: katı atık sızıntı suyu çalışması. TÜRKAY 2007 AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu.

**Jones, H.G. 1983.** Plant and Microclimate. Cambridge University Press.

**Kaftanoğlu, O. 2003.** Ekolojik ve organik arı ürünleri üretimi. 2. Marmara Arıcılık Kongresi Bildiri Kitabı, Uludağ Arıcılık Derneği Yayınları, Bursa.

**Kang, Y.W., Hwang, K.Y. 2000.** Effects of reaction conditions on the oxidation efficiency in the Fenton process. *Water Res.*, 34: 2786-2800.

**Karakaya, D., Padem, H. 2009.** Sebzelelerde Eşey Hücrelerinin Oluşumunda Büyüme Düzenleyici Maddelerin Etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Alaratarım Cilt8, Sayı1,43-50 Haziran 2009.

**Karakuş, C., Köker, R., (2007)** “Tarımda Bitki Gelişim Düzenleyicilerin (BGD) Kullanımı ve Hormon Riski”, Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi Kongre Kitabı 163-175Fatih Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü İSTANBUL .

**Kaynak, L., Ersoy, N. 1997.** Bitki büyüme düzenleyicilerinin genel özellikleri ve kullanım alanları, Akd. Üniv. Zir. Fak. Dergisi,10, 223-236.

**Klassen, N.V., Marchington, D. McGowan, H.C.E. 1994.** H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> determination by the I<sub>3</sub><sup>-</sup> method and by the KMnO<sub>4</sub> Titration, Anal. Chem. 66 2921-2925.

**Kochany, J., Bolton, J. R. 1992.** Mechanism of Photodegradation of Aqueous Organic Pollutants. 2. Measurement of Primary Rate Constants for Reaction of OH• Radicals with Benzene and Some Halobenzenes Using an EPR Spin-Trapping Method following the Photolysis of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> , Environ. Sci. Technol., 26, 2, 262-265.

**Kolpin, D.W., Barbash, J.E. Ve Gilliom, R.J. 1998.** Occurrence of pesticides in shallow groundwater of the United States: initial results from the National Water-Quality Assessment Program, Environ. Sci. Technol., 32 (5), 558–566.

**Kuburovic N.,Todorovic M., Raicevic V.,Orlovic A., Jovanovic L., Nikolic J., Kuburovic V, Drmanic S., Solevic T. 2007.** Removal of methyl tertiary butyl ether from wastewaters using photolytic, photocatalytic and microbiological degradation processes Desalination 213: 123–128.

**Kumlay, M. A., Eryiğit, T. 2011.** Bitkilerde Büyüme ve Gelişmeyi Düzenleyici Maddeler: Bitki Hormonları İğdir Üni. Fen Bilimleri Enst. Dergisi. 1(2): 47-56.

**Kuster, M., Lopez De Alda, M., Barcelo, D. 2009.** Liquid chromatography–tandem mass spectrometric analysis and regulatory issues of polar pesticides in natural and treated waters, J. Chromatogr. A 1216 520-529.

**Küni, G. 2009.** Reaktif Kırmızı 195 Azo Boyarmaddesinin İleri Oksidasyon Yöntemleriyle Parçalanması. *Yüksek Lisans Tezi.* Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana

**Kwon, B.G., Lee, D.S., Kang, N., Yoon, J. 1999.** Characteristics of p-chlorophenol Oxidation by Fenton’s Reagent. Water Res., (33), 2110.

**Legrini, O., Oliveros, E. and Braun, A. M. 1993.** Photochemical Processes for Water Treatment, Chem. Rev., 93, 671-698.

**Letham, D.S., Goodwin, P.B., Higgins, T.J.V. 1978.** Phytohormones and related compounds: A comprehensive treatise. In: Letham, D.S., Goodwin, P.B., Higgins,

T.J.V. (Eds.), *Phytohormones and the Development of Higher Plants*, vol. 2. Elsevier North-Holland Biomedical Press, Amsterdam.

**Leung, W. S., Watts, R. J., Miller, G. C. 1992.** Degradation of Perchloroethylene by Fenton's Reagent: Speciation on Pathway, *J. Environ. Qual.*, 21, 377-381, Malati, M.A., "The Photocatalysed Removal of Pollutants from Water", *Environ. Tech*, 15, 1093-1099, 1995.

**Li, L And Chen,P., Gloyna E.F, 1991,** Generalized Kinetic Model For Wet Oxidation of Organic Compounds, *AIChE Journal* 37(11) 1687-1691.

**Li, R., Yang, C., Chen, H., Zeng, G., Yu, G., Guo, J. 2009.** Removal of triazophos pesticide from wastewater with Fenton reagent. *Journal of Hazardous Materials* 167 (2009) 1028–1032.

**Lin, S.H., Lo, C.C., 1997.** Fenton Process for Treatment of Desizing Wastewater. *Wat. Res.*, 31 (8), 2050-2056.

**Lin, S.H., Lin, C.M., Leu, G.H. 1999.** Operating Characteristics and Kinetic Studies of Surfactant Wastewater Treatment by Fenton Oxidation. *Wat. Res.* Vol. 33, No. 7, pp. 1735-1741

**Lin, S.H., Lai, C.L. 2000.** Kinetic characteristics of textile wastewater ozonation in fluidized and fixed activated carbon beds. *Water Research* 34, 3, 763-772.

**Maiti, B. Krishnamoorthy, T.S. Desai, S.R. 1988.** Determination of Naphthaleneacetic Acid Residue in Apples by High-performance Liquid Chromatography. *Analyst* 4, Vol.113, 667-668.

**Marechal, M.L., Y.M. Slokar ve Taufer, T. 1997.** Decoloration of Chlorotriazine Reactive Azo Dyes with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV". *Dyes and Pigments*, 33: 181–289.

**Martino, C.J. ve Savage, P. 1999.** Total Organic Carbon Disappearance Kinetics for the Supercritical Water Oxidation of Monosubstituted Phenols, *Environ. Sci. Technol.*, 33:1911-1915.

**McBride, D.K. 1989.** Managing pesticides to prevent groundwater contamination. North Dakota State University Extension Service, publication E-979. [http://www.agf.gov.bc.ca/pesticides/c\\_2.htm](http://www.agf.gov.bc.ca/pesticides/c_2.htm)–(Erişim tarihi: 15.02.2009).

Minh, D.P., Gallozet, P., Besson, M., 2006. Degradation of Olive Oil Mill Effluents by Catalytic Wet Air Oxidation 1. Reactivity of P-Coumaric Acid Over Pt and Ru Supported catalysts". *Applied Catalysis B: Environmental*, 63, 68-75.

**Morsünbül, T., Akal Solmaz, S.K., Üstün, G.E., Yonar, T., 2009.** Bitki Gelişim Düzenleyici (BGD)'lerin Çevresel Etkileri ve Çözüm Önerileri Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi.

**Morsünbül, T. 2010.** Bazı İleri Oksidasyon Teknikleri ile Bitki Gelişim Düzenleyici (BGD) Gideriminin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. *Yüksek Lisans Tezi*. Bursa.



**Mota, A.L.N., Albuquerque, L.F., Beltrame, L.T.C., Chiavone-Filho, O., Machulek Jr., A., Nascimento, C. A. O. 2008.** Advanced Oxidation Processes and Their Application in the Petroleum Industry: A Review, *Brazilian Journal of Petroleum and Gas*. 2, 3, p. 122-142

**Munter, R. 2001.** Advanced Oxidation Processes – Current Status And Prospects, *Proc. Estonian Acad. Sci. Chem.*, 2001, 50, 2, 59–80

**Navarro, S., Fenoll, J., Vela, N., Ruizb, E., Navarro, G. 2011.** Removal of ten pesticides from leaching water at pilot plant scale by photo-Fenton treatment. *Chemical Engineering Journal* 167 (2011) 42–49.

**Neyens, E., Baeyens, J. 2003.** A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *J. Hazard. Mater.*, 98(1-3): 33-50.

**Oturan, A. M., Oturan, N., Edelahe, M., Podvorica, I. F., El Kacemi, K. 2011.** Oxidative degradation of herbicide diuron in aqueous medium by Fenton's reaction based advanced oxidation processes. *Chemical Engineering Journal* 171 (2011) 127–135

**Özdemir, C., Şahinkaya, S., Onüçyıldız, M. 2008.** Treatment of Pesticide Wastewater by Physicochemical and Fenton Processes. *Asian Journal of Chemistry* Vol. 20, No. 5 (2008), 3795-3804.

**Paldy A, Puskas N, Vincze K Hadhazi M. 1987.** Cytogenetic studies on rural populations exposed to pesticides. *Mutation Res*; 187: 127-132.

**Pektaş, İ. 2009.** Bitki Gelisim Düzenleyicilerinin Antioksidan Enzimler Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı. Balıkesir.

**Pignatello J.J. 1992.** Dark and photoassisted Fe<sup>3+</sup>-catalyzed degradation of chlorophenoxy herbicides by hydrogen peroxide, *Environ. Sci. Technol.* 26 944-951.

**Pospisilova, J., Synkova, H., Rulcova, J. 2000.** Cytokinins and water stress. *Biol. Plantarum* 43, 321-328.

**Payatos, J. M., Muñoz, M. M., Almecija, M. C., Torres, J. C., Hontoria, E., Osorio, F. 2010.** Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment: State of the Art. *Water Air Soil Pollut.* 205:187–204.

**Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. 1992.** Regulating growth and development: The plant hormones (in: *Biology of Plants*) pp 545-571, Worth Publishers, New York, USA.

**Rivas, F.J., Gimeno, O., Portela, J.R., De La Ossa, E.M. ve Beltrán, F.J. 2001.** Supercritical Water Oxidation of Olive Oil Mill Wastewater, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 40:3670–3674.

**Sanches, S., Barreto Crespo, T. M., Pereira, J. V. 2010.** Drinking water treatment of priority pesticides using low pressure UV photolysis and advanced oxidation processes. *Water Research*. 44(2010) 1809-1818.

**Santos-Juanes Jordá, L., Ballesteros Martín, M.M., Ortega Gómez, E., Cabrera Reina, A. Román Sánchez, I.M., Casas López, J.L., Sánchez Pérez, J.A. 2011.** Economic evaluation of the photo-Fenton process. Mineralization level and reaction time: The keys for increasing plant efficiency

**Sayılı M., Akman Z., 1994** Tarımsal uygulamalar ve Çevreye Olan Etkileri, *Ekoloji*, 12, 28-32

**Seçer, M. 1989.** Doğal Büyüme Düzenleyicilerin (Bitkisel Hormonların) Bitkilerdeki Fizyolojik Etkileri ve Bu Alanda Yapılan Araştırmalar. *Derim* 6(3): 109-124s. Antalya.

**Sedlak, D. L., Andren, A. W. 1991.** Aqueous-Phase Oxidation of Polychlorinated Biphenyls by Hydroxyl Radicals, *Environ. Sci. Technol.*, 25, 25, 1419-1427.

**Soyöz, M., Özçelik, N. 2003.** Zirai mücadelede kullanılan pestisitlerin sitogenetik etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*:10-( 1 ) / 6 - 9

**Söğüt, O.Ö., Akgün, M. 2007.** Treatment of textile wastewater by supercritical water oxidation in continuous flow reactor, *J. Supercrit. Fluids*, 43. 106–111.

**Stasinakis, A.S. 2008.** Use Of Selected Advanced Oxidation Processes (AOPs) For Wastewater Treatment – A Mini Review, *Global NEST Journal*, Vol 10, No 3, pp 376-385.

Stahlin, J., Hoigne, J.,1982. Decomposition of Ozone in water: Rate of Initiation by Hydroxide Ions and Hydrogen Peroxide. *Environ. Sci. Technol.*, 16: 676-681.

**Tamimi, M.S. Qourzal, N., Barka, Assabbane, A., Ait-Ichou, Y. 2008.** Methomyl degradation in aqueous solutions by Fenton's reagent and the Photo-Fenton system, *Sep. Purif. Technol.* 61 103-108.

**Te-chato, S., Hilae, A., In-peuy K. 2008.** Effects of cytokinin types and concentrations on growth and development of cell suspension culture of oil palm. *Journal of Agricultural Technology*, V. 4(2): 157-163.

**Tomlin, C.D.S. 1997.** The Pesticide Manual: A World Compendium. 11th Ed. The British Crop Protection Council.

**Ullmann's 1991.** Encyclopaedia of industrial chemistry. Germany: VCH Verlagsgesellschaft, 5 ed. p 415-419.

**U.S. Epa 2007.** Reregistration Eligibility Decision (RED). Naphthaleneacetic Acid, Its Salts, Ester, and Acetamide. EPA 738-R-07-07017.

**U.S. Epa 2003.** 1-Naphthaleneacetic Acid (Including Esters and Salts):HED Toxicology Chapter for the Reassessment Eligibility Decision (RED), HED Records Center Serier 361 Science Reviews-File R086914-Page 1 of 44, US. EPA

**U.S. Epa, 1998.** Status of Pesticides in Registration, Reregistration, and Special Review (Rainbow Report), Washington, DC: Special Review and Reregistration Division, Office of Pesticide Programs, U.S. Environmental Protection Agency.

**Uygur, Ö.Ş. 2005.** Organik Arıcılık, Uludag Bee Journal August 2005-5 103-106.

**Üstün, G.E. And Solmaz, S.K.A. 2006.** Colour and COD removal from organized industrial district (OID) wastewater by Fenton process, Fresenius Environ.Bull., 15, 508–511.

**Üstün, G.E., Akal Solmaz, S.K., Morsünbül, T., Azak, H.S. 2010.** Advanced Oxidation and Mineralization of 3-Indolebutyric Acid (IBA) by Fenton and Fenton-like Processes Journal of Hazardous Materials 180 (1-3) 508-513.

**Wang Q., Lemley, A.T. 2006.** Reduced adsorption of ametryn in clay, humic acid, and soil by interaction with ferric ion under Fenton treatment conditions, J. Environ. Sci. Health Part B 41 223-236.

**Ware, G. W., 1986.** Fundamentals of pesticides, 2. cilt, Thomson Publications, USA,

**Werner, T., Motyka, V., Strnad, M., Schmülling, T. 2001.** Regulation of plant growth by cytokinin. Plant Biol. 98, 10487-10492.

**Westwood, M.N. 1993.** Hormones and growth regulators ,Temperate zone Pomology : Physiology and Culture Timber Press Inc. 9999 S.W. Wilshire, Suite 124, Portland, Oregon 97225.

**WHO 1985.** Guidelines for the study of genetic effects in human populations. Environmental Health Criteria, 46, World Health Organization, Geneva.

**Yahlı Kılıç, M., Kestioğlu, K. 2008.** Endüstriyel Atıksuların Arıtımında İleri Oksidasyon Proseslerinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 13, Sayı 1,

**Yerlikaya, E., 2008.** Endokrin Bozucular, Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi. Ankara

**Yetim, T. 2008.** Boyar Maddelerin Sonofotokatalitik Bozunma Kinetiğinin İncelenmesi. *Doktora Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.

**Yılmaz, H.R., Yüksel, E., Türköz, Y. 2004.** F2 Nesil Farelerde Indol-3-Asetik Asitin Böbrek Katalaz, Süperoksit Dismutaz ve Glutatyon Peroksidaz Aktiviteleri Üzerine Olan Etkisi, Van Tıp Dergisi, 11 (3):64-68.

**Yılmaz, E., Alagöz, Z., 2008,** Topraklarda Kolloid Pestisit İlişkisi, GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(2), 69-78.

**Yonar, T. 2005.** Fotokimyasal Oksidasyon Yöntemiyle Organik Kirliliklerin Giderilmesi ve Bu Yöntemin Küçük Yerleşim Bölgelerinden Kaynaklanan Atıksulara Uygulanması. Doktora Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

**Yoon, J., Lee, Y., Kim, S., 2001.** Investigation of the Reaction Pathway of OH Radicals Produced by Fenton Oxidation in the Conditions of Wastewater Treatment. Wat. Sci. Technol., 44 (5), 15-21.

**Zapata, A., Velegraki, T., Sanchez-Perez, J.A., Mantzavinos, D., Maldonado, M.I., Malato, S. 2009.** Solar photo-Fenton treatment of pesticides in water : effect of iron concentration on degradation and assessment of ecotoxicity and biodegradability. *Appl. Catal. B : Environ.*, 88: 448-454.

**Zepp, R. G., Hoigne, J., Bader, H. 1987.** Nitrate-Induced Photooxidation of Trace Organic Chemicals in Water, *Environ. Sci. Technol.*, 21, 443-450.

**Zhou, H., Smith, D.W. 2002.** Advanced technologies in water and wastewater treatment, *J. Environ. Eng. Sci.* Vol. 1, 247–264

## EKLER

**Ek 1.** Bitkilerde doğal olarak bulunan hormonların tabiatı, oluşumu ve etkileri (Raven ve ark. 1992, Kumlay ve Eryiğit 2011).

Hormon	Tabiatı	Biosentezin Olduğu Yer	Taşınması	Etkileri
Oksinler	İndol-3-asetik asit doğal olarak oluştuğu bilinen tek oksindir. Triptofandan sentezlenir.	Yaprak primordiası, genç yapraklar ve gelişen tohumlarda sentezlenir.	IAA hücreden hücreye taşınır ve taşınma her yöne olabilir. (Polar)	Apikal dominantta; tropikal tepkilerde; vasküler doku oluşumunda yaprak veya meyve dökülmesinin önlenmesinde; etilen sentezinin uyarılmasında; çiçeklenmenin engellenmesive teşvinde; meyve oluşumunun uyarılmasında etkilidir.
Sitokinin	N <sup>6</sup> -adenin türevleri, fenil üre bileşikleri. Zeatin bitkilerde en yaygın bulunan sitokininidir.	Kök uçlarında sentezlenir.	Sitokininler köklerden uç sürgün gelişme bölgelerine ksilem ile transfer edilir.	Hücre bölünmesi, doku kültüründe sürgün oluşumunun teşviki; yaprak sararmasının önlenmesinde; yan tomurcukların apikal dominanttan ayrılmasında etkilidir.
Etilen	Gaz etilen (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) metioninden sentezlenir. Bitkilerde hormon etkisi olan tek karbonhidrattır.	Çoğu dokularda (özellikle sararma veya olgunlaşmaya yüz tutan dokularda) stress durumunda ortaya çıkar.	Bir gaz olan etilen, sentez edilen bölgelerden difüzyonla hareket eder.	Meyve olgunlaşması (özellikle elma, muz, avakado ve domates gibi etli meyveli bitkilerde); yaprak ve çiçek sararması; yaprak ve meyve dökülmesinde etkilidir.

**Ek 1.** Bitkilerde doğal olarak bulunan hormonların tabiatı, oluşumu ve etkileri (Devamı)  
(Raven ve ark. 1992, Kumlay ve Eryiğit 2011).

<b>Hormon</b>	<b>Tabiatı</b>	<b>Biosentezi n Olduğu Yer</b>	<b>Taşınması</b>	<b>Etkileri</b>
Absisik Asit (ABA)	Dökülmeyle ilgisinin çok azlığından dolayı yanlış adlandırılmıştır. Mevalonik asitten sentezlenir.	Su stresine bağlı olarak yapraklarda sentezlenir. Tohumlarda da sentezlenebilir.	Aba yapraklarda floem aracılığıyla taşınır.	Stomanın kapanması; yapraklardan gelişen tohumlara fotosentatların taşınmasının teşviki; tohumlarda depo proteini sentezinin teşviki; bazı türlerin tohum ve tomurcuklarında dormansinin teşviki ve devamlılığında etkili olabilir. Cüce bitkilere karşı uzun bitkiler oluşturmak için hem hücre bölünmesi hem de hücre gelişimini teşvik ederek aşırı sürgün oluşumuna sebep olur, tohum çimlenmesinin teşviki; uzun gün bitkileri ve çok yıllık bitkilerde çiçeklenmenin teşviki; tahıllarda tane enzimleri üretiminde etkilidir.
Giberellin	En yaygın olarak bulunana bir mantar ürünü olan giberellik asit (GA <sub>3</sub> ), GA <sub>1</sub> muhtemelen bitkilerdeki en önemli giberellin'dir. Mevalonik asitten sentezlenir.	Sürgün ve gelişen tohumların genç dokularında sentezlenir. Sentezin hücrelerde olup olmadığı hakkında bilgiler mevcut değildir.	GA <sub>3</sub> 'ler muhtemelen ksilen ve floem içersinde taşınırlar.	

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İbrahim ATAŞ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Araban/G. Antep, 05.07.1985  
Yabancı Dili : İngilizce  
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)  
Lise : Gaziantep Lisesi  
Lisans : Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :  
İletişim (e-posta) : atasibrahim27@hotmail.com  
Yayımları\* :