

**GAZ ANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİSFENOL A VE TETRABROMOBİSFENOL
A'NIN EKMEKLİK VE MAKARNALIK BUĞDAY
ÇEŞİTLERİNDEKİ ETKİLER**

**BİYOLOJİ BÖLÜMÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEDET KORKUNÇ
ARALIK 2010**

**Bisfenol A ve Tetrabromobisfenol A'nın Ekmeklik ve
Makarnalık Buğday Çeşitliklerindeki Etkileri**

**Gaziantep Üniversitesi
Biyoloji Bölümü
Yüksek Lisans Tezi**

**Danışman
Ör. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN**

**Medet KORKUNÇ
Aralık 2010**

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

Tezin Adı: Bisfenol A ve Tetrabromobisfenol A'nın Ekmeklik ve Makarnalık
Buğday Çeşitlerindeki Etkileri

Öğrencinin, Adı Soyadı: Medet KORKUNÇ
Tez Savunma Tarihi: 15.12.2010


Prof. Dr. Ramazan KOÇ
FBE Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.



Prof. Dr. Mehmet ÖZASLAN
Enstitü ABD Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi
olarak kabul edilmiştir.

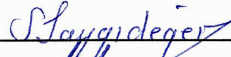

Öğr. Gör. Dr. Muhibtin DOĞAN
Tez Danışmanı

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:

İmzası

Prof. Dr. Saadet D. SAYGIDEĞER



Doç. Dr. Canan CAN



Yrd. Doç. Dr. Ali ÖZKAN



Yrd. Doç. Dr. Hasan AKGÜL



Öğr. Gör. Dr. Muhibtin DOĞAN



ÖZET

BİSFENOL A VE TETRABROMOBİSFENOL A'NIN EKMEKLİK VE MAKARNALIK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNDEKİ ETKİLERİ

KORKUNÇ, Medet

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Bölümü

Tez Yöneticisi: Ö r. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN

Aralık 2010, 52 sayfa

Bu çalışmada, bisfenol A ve tetrabromobisfenol A'nın ekmeçlik buğday çeşitlerinden Sagittario ve makarnalık buğday çeşitlerinden Zenit tohumlarının çimlenmesine etkileri ile buğday fidelerinin kök ve otsu gövdelerindeki bazı biyokimyasal parametrelere etkileri belirlenmiştir. Tohum çimlenmesi BPA ve TBBPA'nın 10 mg/L deriminde önemli bir değişim göstermemiştir. Fakat BPA ve TBBPA'nın 50 mg/L'lik deriminde ise tohum çimlenmesi önemli düzeyde azalmıştır. Benzer olarak, Zenit çeşidinin 50 mg/L BPA etkisindeki fideler hariç, yüksek BPA ve TBBPA derimlerinde kök ve gövde gelişimi de olumsuz yönde etkilenmiştir. BPA ve TBBPA'nın buğday çeşitlerinin kök ve gövdelerinde oksidatif strese neden olduğu, oluşan H₂O₂'nin yanında kantitatif olarak analiz edilen malondialdehit ve protein olmayan SH grup miktarlarıyla da ortaya çıkartılmıştır. BPA ve TBBPA'nın buğday köklerindeki toksik etkileri histokimyasal olarak da belirlenmiştir. Buğday çeşitlerinin 10 mg/L'lik derimlerde oksidatif stresi tolere edebilme kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Uygulanan kimyasalların derimine bağlı olarak protein miktarlarında azalma olmuştur. Kök ve gövdelerin H₂O₂ ve MDA miktarlarındaki artışı, oksidatif stresin tetiklediği sonuçlardan kaynaklandığını düşündürmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyokimyasal etki, bisfenol A, buğday, tetrabromobisfenol A, tohum çimlenmesi

ABSTRACT

EFFECTS OF BISPHENOL A AND TETRABROMOBISPHENOL A ON THE BREAD AND DURUM WHEAT VARIETIES

KORKUNÇ, Medet

M.Sc. in Biology Department

Supervisor: Dr. Muhittin DO AN

December 2010, 52 pages

In the present study, effects of BPA and TBBPA on seed germination of bread wheat variety Sagittario and durum wheat variety Zenit and some biochemical changes in their seedling roots and shoots were determined. The seed germination did not significantly change in 10 mg/L BPA and TBBPA applications. However, seed germinations were significantly inhibited by 50 mg/L BPA and TBBPA concentration of both varieties, exception of 50 mg/L BPA in Zenit. Similarly, root and shoot developments were adversely affected by high concentrations of BPA and TBBPA. BPA and TBBPA-induced oxidative stress in roots and shoots demonstrating by H₂O₂ formation was also evaluated quantitatively with malondialdehyde and non-protein SH groups. Toxic effects of BPA and TBBPA on the roots were histochemically determined as well. Wheat varieties have the capacity to tolerate the oxidative stress at 10 mg/L concentrations. Concentration-dependant decreases in protein contents of roots and shoots were determined. Enhancements in H₂O₂ level and lipid peroxidation in roots and shoots were assumed to be resulted from provoked oxidative stress.

Key words: Biochemical effect, bisphenol A, seed germination, tetrabromobisphenol A, wheat

TE EKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Ö r. Gör. Dr. Muhittin DO AN'a,

Desteklerini esirgemeyen bölüm hocalarımdan Sayın Prof. Dr. Saadet D. SAGIDE ER ve Doç. Dr. Canan CAN ba ta olmak üzere eme i olan tüm bölüm hocalarıma,

Çalı malarımnda yardımlarını gördü üm ba ta Doktorant Önder YUMRUTA olmak üzere di er bölüm arkadaş larıma,

Varlıklarından güç aldı m sevgili annem, babam ve karde lerime,

yi ve kötü günlerimde yanımda olan sevgili e ime,

En içten ükranlarımı sunuyorum.

Ç NDEK LER	Sayfa no
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TE EK KÜR	iii
Ç NDEK LER	iv
EK LLER L STES	vi
TABLolar L STES	x
S MGELER VE KISALTMALAR	xi
BÖLÜM 1: G R	1
1.1. Bisfenol A	2
1.2. Tetrabromobisfenol A.....	5
1.3. Amaç.....	7
BÖLÜM 2: L TERATÜR ÖZETLER	8
BÖLÜM 3: MATERYAL VE METOD	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Bitki Materyali.....	11
3.1.2. Ara tırmada Kullanılan Test Kimyasalları.....	11
3.2. Metod.....	11
3.2.1. Deney Ortamı ve Uygulama.....	11
3.2.2. Ölçümler.....	12
3.2.3. Çimlenme Testleri.....	12
3.2.4. H ₂ O ₂ Belirleme.....	12
3.2.5. Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi.....	12
3.2.6. Protein Olmayan –SH Grupların Belirlenmesi	13
3.2.7. Radikal Temizleme Aktivitesi.....	13
3.2.8. Protein Analizi.....	13
3.2.9. Histokimyasal Analizler.....	13
3.2.10. statistiksel Analiz.....	14
BÖLÜM 4: ARA TIRMA BULGULARI	15
4.1. BPA ve TBBPA'nın Çimlenmeye Etkisi.....	15

4.2. BPA ve TBBPA'nın Kök Gelişimine Etkisi.....	16
4.3. BPA ve TBBPA'nın Otsu Gövde Gelişimine Etkisi.....	18
4.4. Vigor İndeksi (VI).....	19
4.5. BPA ve TBBPA Etkisinde Hidrojen Peroksit Deri İmleri.....	21
4.5.1. Köklerdeki Hidrojen Peroksit Deri İmleri.....	21
4.5.2. Otsu Gövdelerdeki Hidrojen Peroksit Deri İmleri.....	22
4.6. BPA ve TBBPA Etkisinde Lipid Peroksidasyonu.....	24
4.6.1. Köklerdeki Malondialdehit (MDA) Miktarları.....	24
4.6.2. Otsu Gövdelerdeki Malondialdehit (MDA) Miktarları.....	25
4.7. BPA ve TBBPA Etkisinde Protein Olmayan SH Grup Deri İmleri...	27
4.7.1. Köklerdeki Protein Olmayan SH Grup Deri İmleri.....	27
4.7.2. Otsu Gövdelerdeki Protein Olmayan SH Grup Deri İmleri.....	28
4.8. BPA ve TBBPA Etkisinde Radikal Temizleme Aktiviteleri.....	30
4.8.1. Köklerdeki Radikal Temizleme Aktiviteleri.....	30
4.8.2. Otsu Gövdelerdeki Radikal Temizleme Aktiviteleri.....	31
4.9. BPA ve TBBPA Etkisinde Protein Miktarları.....	33
4.9.1. Köklerdeki Protein Miktarları.....	33
4.9.2. Otsu Gövdelerdeki Protein Miktarları.....	34
4.10. BPA ve TBBPA Etkisinde Histokimyasal Değişimler.....	36
4.10.1. Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi.....	36
4.10.2. Membran Sağlamlığının Belirlenmesi.....	38
BÖLÜM 5: TARTIŞMA VE SONUÇ.....	41
KAYNAKLAR.....	47

EK LER L STES

	Sayfa no
ekil 1.1. BPA'nın kimyasal yapısı.....	3
ekil 1.2. TBBPA'nın kimyasal yapısı.....	6
ekil 4.1. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisinde çimlendirilen ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario'nun final çimlenme yüzdeleri.....	15
ekil 4.2. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisinde çimlendirilen makarnalık bu day çe itlerinden Zenit'in final çimlenme yüzdeleri.....	16
ekil 4.3. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario'nun kök uzunlukları.....	17
ekil 4.4. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit'in kök uzunlukları.....	17
ekil 4.5. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario'nun otsu gövde uzunlukları.....	18
ekil 4.6. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit'in otsu gövde uzunlukları.....	19
ekil 4.7. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario'nun vigor indeksleri.....	20
ekil 4.8. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit'in vigor indeksleri.....	20
ekil 4.9. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin hidrojen peroksit miktarları.....	21
ekil 4.10. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit köklerinin hidrojen peroksit miktarları.....	22
ekil 4.11. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik	23

	bu day çe itlerinden Sagittario otsu gövdelerinin hidrojen peroksit miktarları.....	
ekil 4.12.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit otsu gövdelerinin hidrojen peroksit miktarları.....	23
ekil 4.13.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin MDA miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır.....	24
ekil 4.14.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit köklerinin MDA miktarları.....	25
ekil 4.15.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario otsu gövdelerinin MDA miktarları.....	26
ekil 4.16.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit otsu gövdelerinin MDA miktarları.....	26
ekil 4.17.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin protein olmayan SH grup miktarları.....	27
ekil 4.18.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit köklerinin protein olmayan SH grup miktarları.....	28
ekil 4.19.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario gövdelerinin protein olmayan SH grup miktarları.....	29
ekil 4.20.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit gövdelerinin protein olmayan SH grup miktarları.....	29
ekil 4.21.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin radikal temizleme aktiviteleri.....	30
ekil 4.22.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık	31

	bu day çe itlerinden Zenit köklerinin radikal temizleme aktiviteleri.....	
ekil 4.23.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario gövdelerinin radikal temizleme aktiviteleri.....	32
ekil 4.24.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit gövdelerinin radikal temizleme aktiviteleri.....	32
ekil 4.25.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin protein miktarları.	33
ekil 4.26.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit köklerinin protein miktarları.....	34
ekil 4.27.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario gövdelerinin protein miktarları.....	35
ekil 4.28.	Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit gövdelerinin protein miktarları....	35
ekil 4.29.	Sagittario'nun farklı BPA deri imlerinin etkisindeki köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.....	36
ekil 3.30.	Sagittario'nun farklı TBBPA deri imlerinin etkisindeki köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.....	37
ekil 3.31.	Zenit'in farklı BPA deri imlerinin etkisindeki köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi...	37
ekil 4.32.	Zenit'in farklı TBBPA deri imlerinin etkisindeki köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.....	38
ekil 4.33.	Sagittario'nun farklı BPA deri imlerinin etkisindeki köklerinin membran sa lamı ının histokimyasal olarak belirlenmesi.....	39
ekil 4.34.	Sagittario'nun farklı TBBPA deri imlerinin etkisindeki köklerinin membran sa lamı ının histokimyasal olarak	39

belirlenmesi.....

- ekil 4.35.** Zenit'in farklı BPA deri imlerinin etkisindeki köklerinin membran sa lamı nın histokimyasal olarak belirlenmesi.... 40
- ekil 4.36.** Zenit'in farklı TBBPA deri imlerinin etkisindeki köklerinin membran sa lamı nın histokimyasal olarak belirlenmesi.... 40

TABLULAR L STES

	Sayfa no
Tablo 1.1. TBBPA'nın bazı fiziksel özellikleri.....	6

S İMGELER VE KISALTMALAR

BPA	: Bisfenol A
DPPH	: 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl
EPA	: Environmental Protection Agency
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
MDA	: Malondialdehit
POD	: Peoksidaz
ROT	: Reaktif oksijen türleri
SH	: Sülfidril
TBPPA	: Tetrabrolobisfenol A

BÖLÜM 1

G R

Dünya yüzeyinde yaşamı sürdüren canlıların hayatları boyunca etkilerini sürdürdüğü ortam çevre olarak tanımlanmaktadır. Hava, su ve toprak bu çevrenin fiziksel unsurlarını, insan, hayvan, bitki ve diğer mikroorganizmalar ise biyolojik unsurlarını temsil etmektedir. Doanın temel fiziksel unsurları olan, hava, su ve toprak üzerinde olumsuz etkilerin oluşması ile ortaya çıkan, canlı ölemlerin hayati aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen, cansız çevre ölemleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin hava, su ve toprağa yaygın bir şekilde karışması olayına çevre kirliliği adı verilmektedir (tr.wikipedia.org).

İnsanlık tarih boyunca sürekli bir gelişme içerisindeydi. Gelişimle birlikte teknoloji olmak üzere pek çok alanda devam etmektedir. Gelişen teknolojinin yaşamımıza getirdiği rahatlık yanında, bu gelişimin tabiata ve çevreye verdiği kirliliğin boyutu her geçen gün hızla artmaktadır. Yaşamı daha mükemmel hale getirmek, daha sağlıklı ve uzun bir yaşam sürdürebilmek amacıyla dönük bu gelişmelerin, gerek kırsal, gerek kentsel alanlarda olsun, doğal kaynakları bozduğu su, hava, toprak kirlenmesine yol açtığı, bitki ve hayvan varlığına zarar verdiği son yıllarda inkar edilemez bir gerçek haline dönüşmüştür (tr.wikipedia.org)

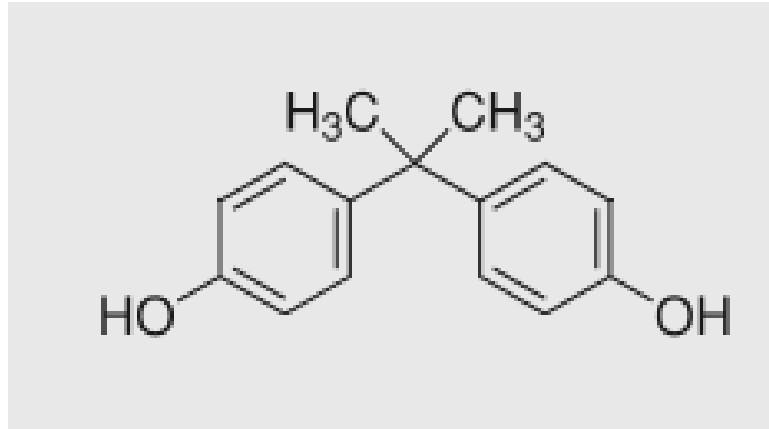
Bu etmenlerin sonucunda pek çok zararlı madde çevreye yayılmaktadır. Bunların başında ağır metaller, pestisitler, organik çözücü maddeler, hidrokarbonlar, insektisitler vs. ve yapısında fenol grubu içeren pek çok madde bulunmaktadır. Bu maddeler canlı ve cansız çevre arasında girdikleri etkileşimlerden dolayı özellikle canlılara pek çok zararlar vermektedir. Özellikle insanlarda bu kimyasalların vücuda girmesi ve birikmesi sonucunda başta kanser pek çok rahatsızlığa sebep olduğu bilinmektedir. Bu maddelerden oldukça toksik olan iki tanesi de Bisfenol A (BPA) ve Tetraabromobisfenol A (TBBPA)'dır.

1.1. Bisfenol A

Bisfenol A, iki fenol ve polikarbonat moleküllerinin birleşmesiyle elde edilen bir tür organik bileşiktir. Hidroklorik asit başta olmak üzere, asit sınıfındaki maddeler aracılığıyla üretilmeye müsait olan bir maddedir. (ekil 1.1.)

Bisfenol A'nın kullanım alanına bağlı olarak artan talep nedeniyle yıllık üretimi de giderek artmaktadır. Yapılan araştırmalar sadece Avrupa'da 1997-1998 yılları arasında 40.000 ton Bisfenol A kullanılmıştır. Bisfenol A'nın en fazla kullanıldığı alan %60'lık oranla polikarbonat plastik üretimidir. Bunu %26'lık oranla epoksi reçine üretimi takip etmektedir. Genel olarak polyester üretimi, termal kağıt üretimi, PVC plastiklerde katkı maddesi olarak kullanımı, lastik ve poliamid sanayinde kullanımı %0.2-0.3 oranlarında de kullanılmaktadır. Günlük hayatımızda kullandığımız PVC plastik pencereler, kompakt disk, iş güvenliği kaskları, kurutma geçirmez camların yüzeyine kaplanan film, otomotiv parçaları, toz boya, su ve süt şişesi, bebek biberonu, birçok elektrik ve elektronik parça yapımında Bisfenol A kullanılmaktadır (ECB, 2003).

Polikarbonat plastikler ve epoksi reçineler genel olarak gıda saklama potansiyelleri, su, kola ve meyve suyu şişeleri, kola ve bira kutularının iç yüzeyinin kaplandığı plastik film yapımında, bebek biberonu ve kompakt disk yapımında kullanılmaktadır.



ekil 1.1. BPA'nın kimyasal yapısı

Yüksek sıcaklığa dayanıklı polikarbonat plastikler yaygın olarak otomotiv sektöründe de kullanılmaktadır. Bisfenol A'nın çok geniş kullanım alanının olması

günlük hayatta ki ilerin Bisfenol A ile temas etme risklerini arttırmaktadır (Staples, vd., 1998). 2005 yılında BPA'nın yıllık üretimi 3.200.000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (EPA, 2005). Avrupa'da 4 şirket altı üretim alanında BPA'nın 700.000 tonunu üretir ki bu fabrikalardan sadece güney ispanyadaki bir tanesi tek başına 250.000 tondan daha fazlasını üretmektedir (European Commission, 2004). Bisfenol A ciltleme, plastik sertleştirici, boyalar ve dolgu maddesi için ara ürün olarak kullanılmaktadır. BPA ayrıca polikarbonat reçineler ve epoksi reçineleri için substrat olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, alev geciktirici, sıvı akıkanlıyı azaltmak ve termal kaşıtlar için ek madde olarak kullanılmaktadır. Otomotiv sektörü cam ve metal gibi geleneksel materyallerin yerini alan reçine ile toplam polikarbonat tüketimini % 20'sini kullanmaktadır. Audio kompakt disk, CD'leri kaydedebilen CD-ROM'lar ve DVD'leri içeren optik ortamlar bu polikarbonat marketlerin hızlı bir şekilde büyüyen (yaklaşık olarak %15-20) bir dilimini içerir (WWF, 2000).

Bisfenol A'nın çevresel konsantrasyonu hakkında yapılan çalışmalarda yüzey sularında Bisfenol A konsantrasyonlarının farklılıklar gösterdiği belirtilmektedir. Avrupa'da yapılan çalışmalarda Bisfenol A'nın yüzey sularındaki oranlarının farklı ülkelerin sınırlarından geçen aynı nehirde bile farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda şehir ebekesi suyunda Bisfenol A bulunduğu belirtilmektedir (Wenzel vd., 2003). Bisfenol A'nın büyük miktarlarda çevreye bulaşması, üretim sırasında oluşan atıkların yeterince arıtılmadan atık sularla yüzey sularına verilmesi, Bisfenol A depolarında meydana gelen kaçaklar ve taşımacılık sırasında meydana gelen kazalarla gerçekleşmektedir. 1993 yılında üretilen 640.000 ton Bisfenol A'nın yaklaşık %0.017'si çöplü yollarla çevreye dağılmıştır (Staples vd., 1998).

Atıkların toplandığı alanlar sucul ortamlarda BPA kontaminasyonunun ana kaynağıdır. Çünkü BPA çoğunlukla çözünür (120- 300 mg/L, pH 7) ve çok düşük bir dokukenlikte sahiptir (Staples vd., 1998). Bununla birlikte BPA nötr pH'da ve oda sıcaklığında PVC'den suya geçebilir. Bu plastikten suya karışma yoluyla insanın maruz kalmasının önemli bir kaynağıdır. Bununla birlikte BPA suya karıştığı zaman sudaki kalıntı klor ile reaksiyona girer. Bunun sonucunda, BPA klorinat türevleri kompleks bir biyodegradasyon ile serbest klor ve BPA arasında reaksiyon ürünleri olarak üretilir (Zarfa vd. 2003; Fukazawa vd., 2001).

BPA içeren ürünlerden faydalanma ve onun üretimi boyunca devamlı bir emisyonun olacağı anlamına gelmektedir (WWF, 2000). En önemli emisyonlar fenoplast reçineler (Avrupada suya yıllık 43 ton), termal kâğıtlar (Avrupada suya yıllık 151 ton) ve PVC'ler (Avrupa'da suya 25 ton) gibi maddelerin kullanımından sonuçlanır. Özet olarak Avrupa'da toplam emisyon miktarları 2.1 ton havaya, 199 ton suya ve 30 ton toprağa eklenmiştir. Çevre içerisinde BPA'nın inorganik ve organik alanlarda kullanımı genel popülasyonlarda bireyler için pek çok maruz kalma yolu olmaktadır (Fernandez vd., 2001; Welhons vd., 2006). Bunlar;

- 1- Üretim, tüketim ve yayılma süresince onun inorganik yüzünden dolaylı ya da dolaysız çevresel maruz kalma,
- 2- Besin maddesi içermeyen ürünlere temas yoluyla ya da nefes yoluyla,
- 3- Besin maddelerinin içermesi durumunda ve bunların tüketilmesi yoluyla olmaktadır.

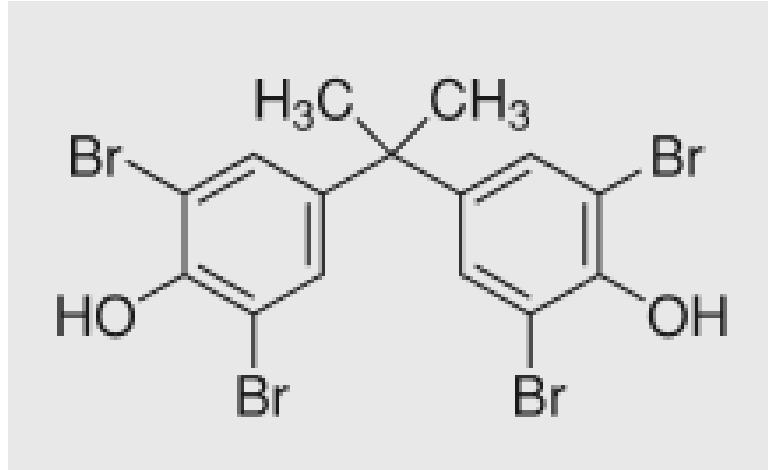
Bitkiler kökleri vasıtasıyla su içerisinde BPA'yı absorbe ederek onları birkaç glikosidik bileşime metabolize ederler. BPA'nın glikolizasyonu bitkilerde BPA'nın ana rotası olarak dikkat çekmiştir. Bitkiler tarafından BPA'nın glikolizasyonu ana bileşiklerin östrojenetik etkilerine yol açtığı belirtilmiştir. ki oksidatif enzim, peroksidaz ve polifenol oksidaz, BPA metabolizmasında rol görmektedir (Kang vd., 2006a). Kang vd. (2006b) tarafından yapılan çalışmada *Eichhornia crassipes*'de BPA'nın absorpsiyonu ve metabolizması rapor edilmiştir. BPA'nın % 90'dan fazlası polifenol oksidaz aracılığıyla kökler tarafından absorbe edilmiştir. Sadece küçük miktarlar gövdeye taşınır ve sürgünlerde degrade olmaktadır.

Bir tatlı su midye türü olan *Pisidium amnicum* üzerinde yapılan bir çalışmada BPA'nın yarılanma ömrünün düşük sıcaklıkta yavaş oluyorken, sıcaklık artışıyla birlikte yarılanma ömrünün süresinde kısaltıldığı tespit edilmiştir. BPA'nın bu hızlı yarılanma ömrü yükselmiş metabolit oranıyla ilişkilidir (Heinonen vd., 2002). Balıkta, iki BPA metaboliti (BPA sülfat ve BPA glukuronid) BPA'ya maruz kalmı *Danio rerio* balığından elde edilmiştir (Lindholst vd., 2003). UDP-glukuronosil transferaz bir membran proteindir ve onun substratlarını fenoller, karboksilik asitler, alkoller ve 4-hidroksibifenil ve opioid bileşikler gibi xenobiyotikleri içerir. (Tephly ve Burchell, 1990; King vd., 1997).

1.2. Tetrabromobisfenol A

TBBPA, bisfenol A'nın bir türevidir ve bu maddeden sentez edilir. Çok yaygın TBBPA ürünleri göreceli olarak düşük saflıkta bulunur ve gerçekte de i en boyutlarda bromlanmış ürünlerin bir karışımını içerir (ekil 1.2).

TBBPA bir reaktif ya da akrilonitril butadien stiren, epoksi ve polikarbonat reçineler ile yapıştırıcılar gibi polimerlerde tutucu mayı erteleyici ek madde olarak kullanılmaktadır. Polimerizasyon tipik olarak tamamen kapalı bir cihazda yapılır. Alev geciktirici bir ek madde olarak TBBPA, kuru toz halinde bir maddedir ve çe itli polimerlerle karışır. Bu madde di er kimyasallarla reaksiyon vermez. Bu yüzden polimer matrisinin dı na uzar. Örnek olarak, TBBPA polistirende, ABS termoplastikte ve fenolik reçinelerde ek bir alev geciktirici olarak kullanılmaktadır. ABS reçineleri otomobil parçaları, borular ve tesisat, buzdolabı, i makineleri ve telefonlarda kullanılmaktadır. Polistiren ise paketlenmede, tüketim ürünlerinde, elektrik ve elektronik donanımlarda, mobilyalarda, bina yapımında ve yapı malzemelerinde kullanılmaktadır. TBBPA polikarbonat ve doymamı poliester reçinede reaktif alev geciktirici olarak kullanılmaktadır. Polikarbonatlar ileti im ve elektronik donanım, transportasyon aletleri, reaksiyon donanımı, aydınlatma yapılarında kullanılmaktadır (de Wit, 2002).



ekil 1.2. TBBPA'nın kimyasal yapısı

Tablo 1.1. TBBPA'nın bazı fiziksel özellikleri

Özellik	Bilgi	Referans
Fiziksel durumu	Renksiz kristal toz	
Kaynama noktası	181-182 °C	
Erime noktası	Yaklaşık 316 °C	IPCS/WHO (1995)
Buhar basıncı	1 < (mm Hg 20 °C)	
Spesifik gravitesi	2,18	

Doymamış poliestерler, mermer benzeri yapılar yapmak, bowling topları, cam güçlendirme panelleri, mobilya parçaları, atık boru kaplama bileşikleri, otomotiv bileşikleri ve elektrik aletleri için kullanılmaktadır. TBBPA ayrıca bis(2-hidroksietil eter) gibi alev geciktiricilerin üretilmesi için araba bileşikleri olarak kullanılabilir. TBBPA'nın türevleri TBBPA'nın kendisinin kullanıldığı miktarın %25 ini oluşturmaktadır (Gustafsson ve Wallen, 1988).

TBBPA'nın Dünya kapsamındaki genel üretim miktarı yıllık olarak 500.000 tondan fazladır. TBBPA üretimi, kullanımı ve yayılımı gibi etmenler ve biyolojik sistemlerde olası birikimlerinden dolayı çevreyle ilişkilidir. TBBPA çevrede sediment ve çamurlarda (Watanabe vd., 1983; Sellstrom ve Jansson, 1995), atık çamurda (Lee ve Peart, 2002), ev içerisindeki havada (Sjödın vd., 2001), avcı kuş türlerinin yumurtalarında (Berger vd., 2004), insan sütünde (Thomsen vd., 2002) ve plazmada (Jakobsson vd., 2002) tespit edilmiştir. TBBPA potansiyel bir endokrin bozucudur. Çünkü yapısı tiroid hormonu tiroksine benzer. Bununla birlikte yapılan çalışmalarında bir kan proteini olan prealbümine etkili şekilde bağlandı ve görülmüştür (Meerts vd., 2000; Meerts vd., 2001). TBBPA'nın yüksek seviyelerinin bulunduğu ekosistemlerde bu bileşiklerin sucul organizmalar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Bitkiler çevrelerde birinci üretici olarak dominanttır. Bu bitkiler kirlenmiş sularda toksik ksenobiyotikleri absorbe edebilirler ve böylelikle besin zinciri içerisine girerler ve insan sağlığına ciddi sorunlar oluşturabilirler (Gupta ve Chandra, 1998).

1.3. Çalı manın Amacı

Önemli endokrin bozucu kimyasallardan olan BPA ve TBBPA'nın gerek suçul gerekse karasal hayvanlar üzerindeki toksik etkileri ile insan sa lı ı üzerindeki olumsuz etkileriyle ilgili ciddi sayıda çalı malar yapılmı tır. Ancak özellikle karasal bitkilerde BPA ve TBBPA'nın etkileriyle ilgili sınırlı sayıda çalı ma vardır. Bu nedenle, bu çalı ma endokrin bozucu kimyasallardan olan BPA ve TBBPA'nın, bölgemizde ekimi yapılan ekmeklik ve makarnalık bu day e itlerinin çimlenmesine ve bu day fidelerin bazı fizyolojik parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılmı tır.

BÖLÜM 2 L TERATÜR ÖZETLER

Loffredo vd. (2010), *Cynodon dactylon*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Agropyron fragile*, *Trifolium repens* ve üç kültür bitkisi olan *Cucumis sativus*, *Cucurbita pepo* ve *Raphanus sativus* türleri kullanılarak yaptıkları bir çalı mada, endokrin bozucu kimyasal BPA'nın sudan uzakla tırılması ve detoksifiye edilmesi üzerine bir ara tırma yapımı lardır. Ara tırma bulgularına göre, bu bitkilerin bisfenol A'yı polar gruplara ta ıyarak glikozilat formuna çevirdi ini tespit edilmi tir. Bununla birlikte do al olarak yeti en bitkilerin kültür bitkilerine göre, bu dönü ümlerde daha aktif oldukları rapor edilmi tir.

Saiyod vd. (2010) *Dracena sanderiana* ve *D. fragrans* bitkilerinin kök sistemleri üzerine yapılan bir çalı mada, BPA'nın bu iki tür arasındaki tolerans ve alını m kapasitesi de erlendirilmi tir. Bu çalı maya göre *D. sanderiana* bitkisi *D. fragrans* bitkisinden daha fazla BPA uzakla tırma etkisine sahip oldu u bulunmu tur. Uygulanan BPA deri imleri kıyaslandı nda, *D. sanderiana*'nın 80 µM'lık BPA deri imine kadar tolerans gösterdi i saptanmı tir. Daha yüksek deri imlerde ise bitkinin olumsuz yönde etkilendi i belirlenmi tir.

Speranza vd. (2010) endokrin bozucu kimyasallardan BPA'nın kivi polenleri üzerindeki etkilerini ara tırmı lardır. Uygulanan BPA'nın polen tüpü olu umu ve geli imini engelledi ini belirlemi lerdir.

Toyama vd. (2009) *Phragmites australis*'in rizosferinde Bisfenol A ve Bisfenol F'nin biodegradasyonu için yaptıkları bir çalı mada, bu maddelerin sediment kısmında uzakla tırıldı ı, ancak bitkinin kök kısmında bulundu u tespit edilmi tir. Bununla birlikte sediment kısmından *Novosphingobium* sp. ve *Sphingobium yanoikuyae* bakteri türlerinin elde edilmesinden sonra bu maddelerin sediment kısmından bu mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri tarafından uzakla tırıldı ı rapor edilmi tir.

Li vd. (2008) ekmeklik bu dayda TBBPA'nın biyokimyasal etkilerini ara tırmı lardır. TBBPA etkisinde bu day yapraklarının klorofil içeri inde azalmaların oldu u belirlenmi tir. 50 mg/kg'dan 5000 mg/kg'a kadar artan TBBPA deri imlerin klorofil miktarı üzerindeki bu etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmu tur. 7 ve 12 gün TBBPA uygulamaları MDA miktarını artırmı tur. TBBPA etkisinde bu day dokularında antioksidan enzimlerden süperpoksit dismutaz, katalaz ve peroksidaz aktivitelerinde de i ikli e neden olmu tur. Özellikle 500 ve 5000 mg/kg deri imlerdeki bu artı lar önemli bulunmu tur. Ara tırmacılar elde ettikleri ara tırma sonuçlarına göre, bu dayın artan TBPPA deri imleri nedeniyle tetiklenen oksidatif streste bitkinin savunma mekanizmalarında da azalmanın oldu unu belirtmi lerdir.

Sun vd. (2008) su bitkilerinden *Ceratophyllum demersum* L.'de TBBPA'nın bazı biyokimyasal etkilerini belirlemi lerdir. Uygulamanın 4. gününde ortamdaki TBBPA deri imlerinin ço unun bitki bünyesine alındı nı belirlemi lerdir. Bu birikimin artan deri imle birlikte arttı nı bulmu lardır. Elektron paramagnetik rezonans cihazı kullanılarak elde edilen sonuçlara göre, bitkinin artan kimyasal uygulamalarıyla birlikte serbest radikal üretti ini belirlemi lerdir. Uygulanan TBBPA deri imleri lipid peroksidasyonuna neden oldu u, klorofil miktarını da azalttı nı saptamı lardır. Ayrıca, bazı antioksidan enzim aktivitelerinin de TBBPA toksisitesinde de i ti i rapor edilmi tir. Sonuç olarak, TBBPA'nın *C. demersum*'da oksidatif stresi tetikledi i ve bu strese kar ı tolerans mekanizmalarının devreye girdi i belirtilmi tir.

Lee vd. (2005) BPA'nın lignin parçalayan *Stereum hirsutum* ve *Heterobasidium insulare* ile parçalanması ve hücre kültürü ile parçalanma ürünlerinin östrojenik aktivitesi ara tırmı tur. Organizmanın yüksek düzeyde BPA dirençlili i gösterdi i ve 14 gün içinde kullanılan kültürler ile BPA'nın hepsini parçalandı ı belirtilmi tir. BPA'nın 10^{-5} M konsantrasyonda hücre kültürü farklıla masını da inhibe etti i rapor edilmi tir.

Nakajima vd. (2002) BPA tütün bitkisinin hücre kültür ortamına uygulanmı ve BPA'nın metabolitlerinin kimyasal özelliklerini belirlemi tir. BPA'nın uygulanan deri imleri kültür ortamlarında azalmı ve 2.5 saat sonunda ise belirlenecek limitlerin

altına dü tü ü bulunmu tur. Hücrelerin ekstraktlarında 4 metabolit belirlenmi tir. En çok bulunan metablottin 4,4 -isopropylidenediphenol-*O*- -D-glucoopyranoside (BPAG) oldu u tespit edilmi tir. Ara tırıcılar tütün fideleri ile yaptıkları çalı mada da BPA'nın kökler tarafından absorblandı mı ve -glikozit metabolitlerinin de yapraklara ta ındı mı belirlemi lerdir.

Schmidt ve Schuphan (2002), endokrin bozucu kimyasallardan olan BPA *Glycine max*, *Triticum aestivum*, *Digitalis purpurea* ve *Datura stramonium* hücre süspansiyon kültürlerinde çalı ılmı tir. Buna göre BPA ba lıca glikozidlere, ekstarkte olmayan rezüdülere ve oldukça polar polimerik ürünlere dönü tü ü rapor edilmi tir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki Materyali

Ara tırmada kullanılan ekmeçlik bu day çe idi *Triticum aestivum* L. cv Sagittario ve *Triticum durum* Desf. cv. Zenit çe itlerinin tohumları Tarım Bakanlı 1, Gaziantep 1 Müdürlü ünden temin edilmi tir. Çalı malar ba layana kadar tohumlar +4 °C'de muhafaza edilmi lerdir.

3.1.2. Ara tırmada Kullanılan Test Kimyasalları

Ara tırmada kullanılan test kimysalları Bisphenol A ve Tetrabromobisphenol A Sigma-Aldrich Inc.'den satın alınmı tir. Bu kimyasallar her iki bu day çe idine uygulanmak üzere 0, 10 ve 50 mg/L'lik deri imde kullanılmı tir. Ara tırmamızdaki analizlerde kullanılan di er kimyasallarında analitik kalitede olmasına özen gösterilmi tir.

3.2. Metod

3.2.1. Deney Ortamı ve Uygulama

Çimlenme deneylerine ba lanılmadan önce, tohumlar %5'lik sodyumhipo klorit'te 15 dakika bekletilmi tir. Tohumlar sonra üçer defa distile sudan geçirilerek yüzeylerindeki hipokloritten arındırılmı tir. Ara tırmamız petri kaplarında (120 mm) yürütölmü tür. Deney ba lamadan önce petri kapları steril edilmi tir. Petri kaplarının altına iki kat kaba fitle ka ıdı yerle tirilmi tir. Dört tekrarlı olarak, her petri kabına 20 tohum gelecek ekilde deney düzene i olu turulmu tur. BPA ve TBBPA'nın 10 ve 50 mg/L deri imleri ile (~10 mL) tohumlar sulanmı tir. Kontrol olarak saf su kullanılmı tir. Günlük olarak petri kapları kontrol edilmi , gerekli oldu u durumlarda

kendi test çözeltileri ile sulanmışlardır. Petri kaplarındaki bu day tohumları fotoperiyot uygulamadan 24 ± 1 °C’de inkübe edilmiştir. Ayrıca günlük olarak çimlenmeler gözlemlenerek kaydedilmiştir. Radikula ve plumula çıktığı an tohumlar çimlenmiş sayılmıştır.

3.2.2. Ölçümler

Altıncı günün sonunda, bu day çimlenmiş bitkilerin otsu gövde ve kök uzunlukları cetvel yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir.

3.2.3. Çimlenme Testleri

Uygulama periyodu sonunda bu day çimlenmiş bitkilerin final çimlenme yüzdesi hesaplanmıştır. Çimlenen tohumların vigor indeksleri toplam çimlenme yüzdesi ile kök uzunluğunun çarpımıyla bulunmuştur (Abdul-Baki and Anderson 1973).

3.2.4. H₂O₂ Belirleme

Tartılmış taze bitki materyali 50 mM P-tamponunda (pH 7.8) homojenize edilmiştir. Homojenizata % 5’lik TCA (trikloroasetik asit) eklenmiştir. Karışımı 10000 rpm’de 10 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant alınmıştır. Daha sonra bir deney tüpüne süpernatanttan 1,6 mL, % 50’lik TCA’dan 0,4 mL, 10 mM’lık ferros amonyum sülfattan 0,4 mL ve 125 mM’lık potasyum tiosiyanattan 0.2 mL eklenerek karıştırılmıştır. Bu karışım 480 nm’de spektrofotometre de okunmuştur (Sagisaka, 1976). Standart olarak H₂O₂ kullanılmıştır.

3.2.5. Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi

Bu day çimlenmiş bitkilerin kök ve otsu gövdelerinin lipid peroksidasyon düzeyleri Zhou (2001)’e göre belirlenmiştir. Taze bitki dokuları %10’luk TCA’da havan kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenizat 10000 rpm’de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Sonra 2 mL homojenizattan alınmış, 2 mL tiyobarbitirik asit eklenerek 95°C’de 30 dakika bekletilmiştir. Bu bekleme süresi sonunda örnekler okutulmuştur.

uygulmasına tabi tutulmu tur. Tekrar 10000 rpm'de 20 dakika santrifüjden sonra 532, 600 ve 450 nm'de spektrofotometrede okunmu tur.

3.2.6. Protein Olmayan SH Grupların Belirlenmesi

Protein olmayan SH grupların belirlenmesi Cakmak ve Marschner (1992)'e göre yapılmı tur. Tartılan taze bitki materyali 5 mL % 5'lik meta-fosforik asit içinde homojenize edilmi tir. Homojenizat 15.000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmi tir. Süpernatanttan 500 µL alınmı ve üzerine 2.5 mL fosfat tamponu (pH 7.4) eklenmi tir. Son olarak 0.5 mL DTNB eklenmi ve karı tırılmı tur. 20 dakika inkübasyondan sonra hazırlanan örnekler standartlara karı 412 nm'de spektrofotometrede (Cintra 202) okunmu tur. Standart olarak redükte glutasyon (GSH) kullanılmı tur.

3.2.7. Radikal Temizleme Aktivitesi

Bu day dokularının radikal temizleme aktivitesi DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl) kullanılarak spektrofotometrik olarak belirlenmi tir (Burizts ve Bucar, 2000).

3.2.8. Protein Analizi

Bu day çe itlerinin protein analizi Lowry ve ark. (1951)'nın saptadıkları yöntemeye göre yapılmı tur. 0,5 gram taze materyal 5 mL 0.1 M fosfor tamponunda (pH 7) homojenize edildikten sonra 12.000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmi tir. Süpernatanttan 0,3 mL alınmı , üzerine 3 mL alkali çözelti ilave edilip 15 dakika oda sıcaklı ında bekletilmi tir. Sonra 0,3 mL Folin-Ciocalteu ayırıcı eklenerek 30 dakika oda sıcaklı ında bekletilmi ve 750 nm'de okunmu tur. Aynı i lem 0,3 mL distile su kullanılarak tanık için de uygulanmı tur. Standart olarak bovin serum albumin (BSA) kullanılmı tur.

3.2.9. Histokimyasal Analizler

Histokimyasal analizlerde kullanılacak bu day kökleri birkaç dakika 0.5 mM CaCl₂'de (pH 4.5) yıkanmı tır. Beklenmeden kurutma ka ıdında kurulandıktan sonra a a ıdaki uygulamalar yapılmı tır.

- 1- Plazma membranı sa lamalı ının belirlenmesi: Kökler 5 ml % 0.025'lik Evans Blue içeren 100 µM CaCl₂ çözeltisinde 30 dakika bırakılmı tır. Daha sonra yeterince saf su ile yıkandıktan sonra foto rafları çekilmı tır (Yamamoto vd., 2001).
- 2- Lipid peroksidasyonun histokimyasal olarak belirlenmesi: Kökler Schiff's reagentinde 60 dakika bekletilmı tır. Daha sonra boyanan kökler 0.05 M HCl'de hazırlanmı % 5'lik K₂S₂O₅'de köklerdeki renk kırmızı olana kadar durulanmı tır. Daha sonra yeterince saf su ile yıkandıktan sonra foto rafları çekilmı tır (Pompella vd., 1987).

Boyamalardan sonra bu day köklerinin foto rafları CANON EOS 7D marka foto raf makinesi kullanılarak çekilmı tır.

3.2.10. Statistikselsel Analiz

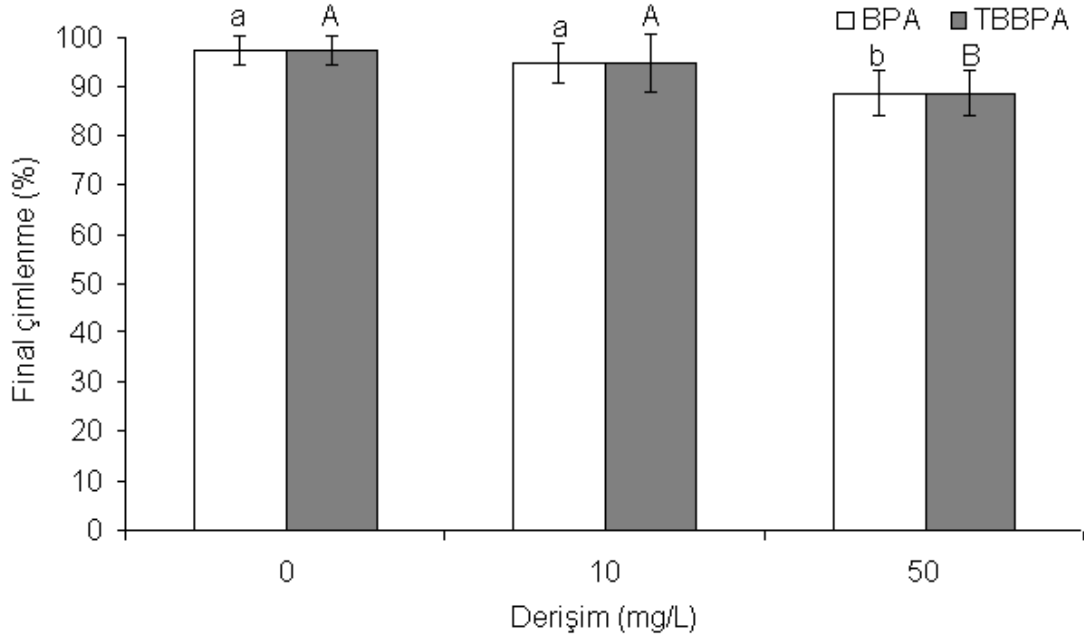
Ara tırma bulgularının istatistikselsel analizi SPSS (SPSS 11.0 for Windows) paket programı kullanılarak yapılmı tır. Hangi grubun ya da grupların farklı oldu unu belirlemek amacıyla One-Way ANOVA LSD testi uygulanmı tır.

BÖLÜM 4

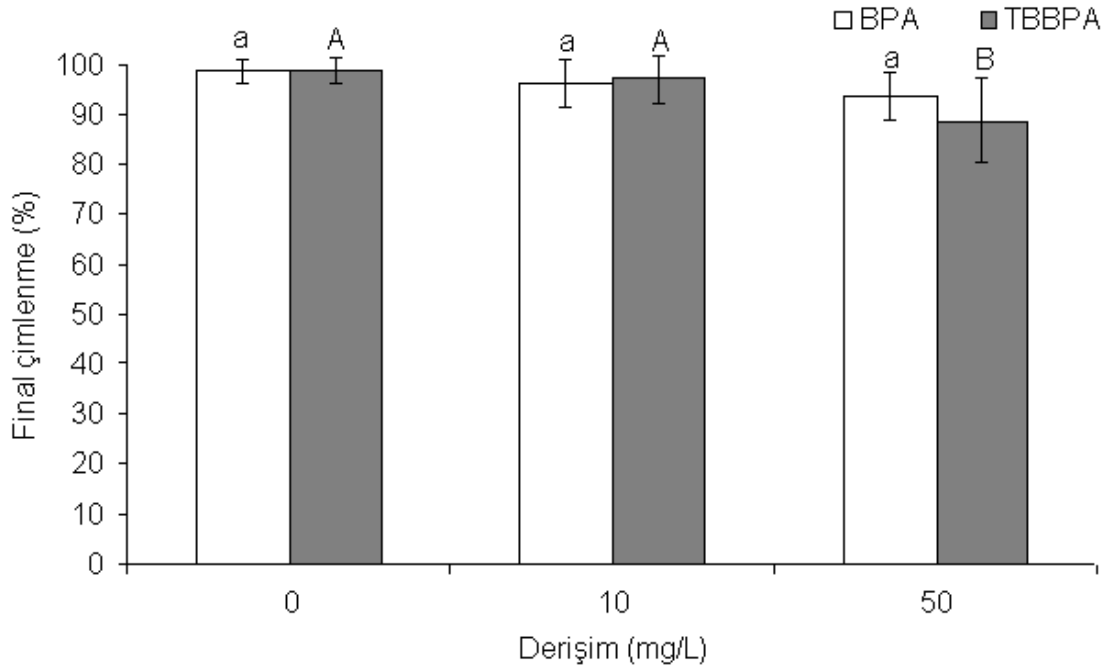
ARA TIRMA BULGULARI

4.1.BPA ve TBBPA'nın Çimlenmeye Etkisi

Sagittario ve Zenit tohumlarının final çimlenme yüzdeleri sırasıyla ekil 4.1 ve ekil 4.2'de verilmiştir. Sagittario ve Zenit çeşitlerinin en yüksek final çimlenme yüzdeleri sırasıyla %97.5 ve %98.8 olarak kontrol gruplarda olduğu hesaplanmıştır. Her iki bu day çeşidinin de final çimlenme yüzdeleri uygulanan BPA ve TBBPA derişimleri tarafından kontrole göre azalmıştır. Bu azalmalar her iki bu day çeşidinin 10 mg/L'lik BPA ve TBBPA derişimlerinde önemsiz düzeyde olmuştur ($p>0.05$). En düşük final çimlenme yüzdeleri ise yine Sagittario ve Zenit çeşitleri için %88.8 olarak 50 mg/L'lik TBBPA uygulamasında olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).



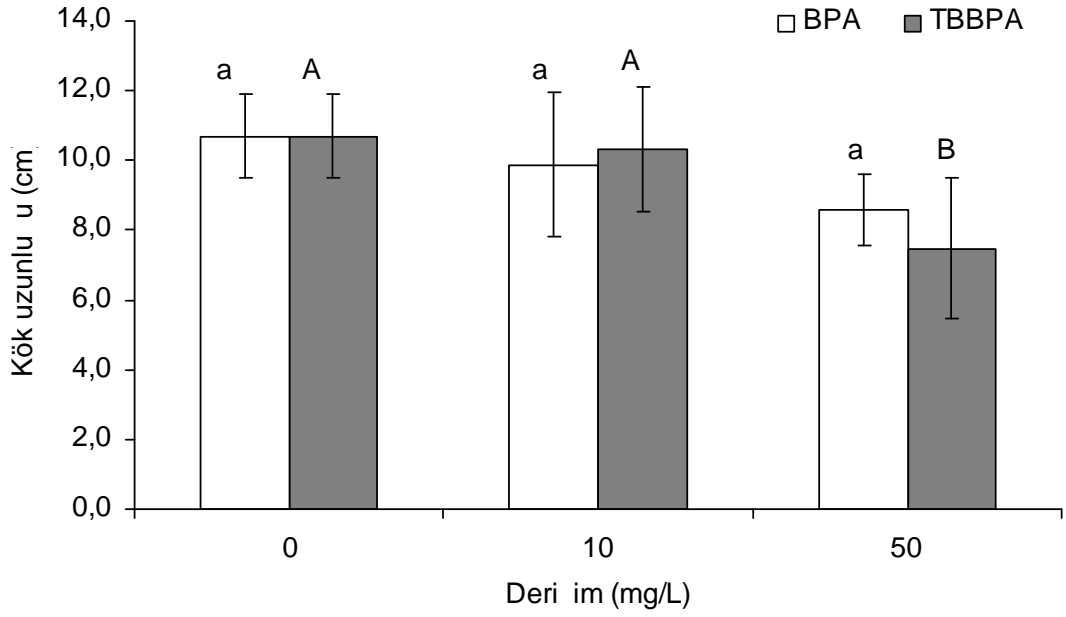
ekil 4.1. Farklı BPA ve TBBPA derişimlerinin etkisinde çimlendirilen ekmeklik bu day çeşitlerinden Sagittario'nun final çimlenme yüzdeleri. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



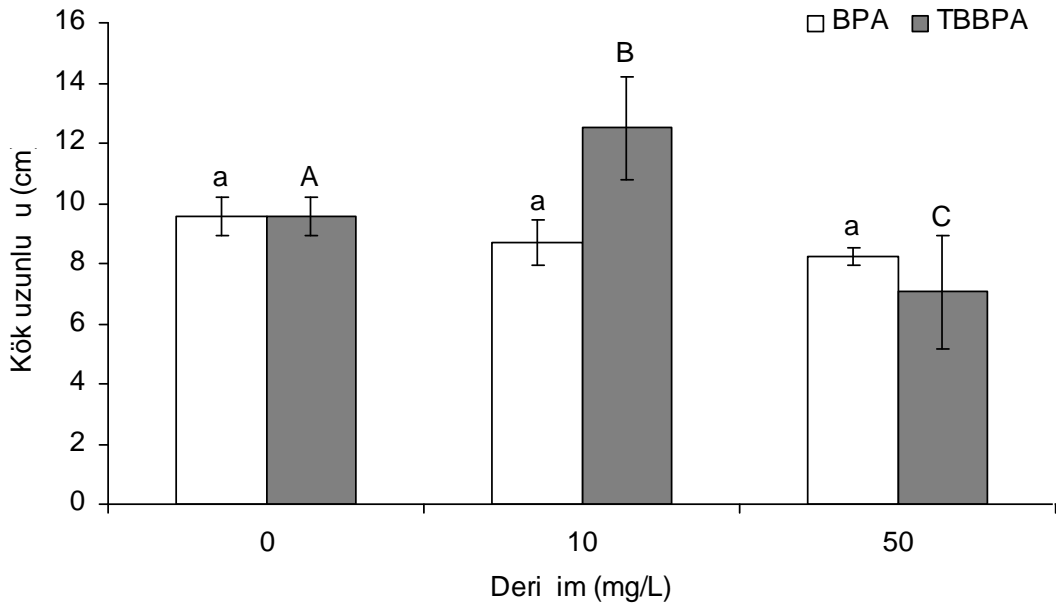
ekil 4.2. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisinde çimlendirilen makarnalık bu day çe itlerinden Zenit'in final çimlenme yüzdeleri. Hesaplamalar dört tekrarı ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.2. BPA ve TBBPA'nın Kök Geli imine Etkisi

Sagittario ve Zenit fidelerinin kök uzunlukları sırasıyla ekil 4.3 ve ekil 4.4'de veri mi tir. Uygulanan her iki kimyasal, Sagittario ve Zenit fidelerinin kök geli imini farklı ekilde etkilemi tir. BPA ve TBBPA etkisinde Sagittario'nun kök geli imi olumsuz yönde etkilenmi tir. Fakat bu azalmalar BPA ve TBBPA'nın 10 mg/L'lik deri iminde %7,5 ve %3,7 düzeylerinde istatistiksel olarak önemsiz düzeyde olmu tur ($p > 0,05$). Bunun aksine, BPA ve TBBPA'nın 50 mg/L'lik deri iminde sırasıyla %19,6 ve %29,9 düzeylerinde istatistiksel olarak önemli düzeylerde azalmı tır ($p < 0,05$). Zenit fidelerinin kök uzunlukları BPA uygulamasının bütün deri imlerinde azalmı tır. Bunun aksine, TBPPA uygulmasının 10 mg/L'lik deri imlerinde önemli düzeyde artımı ken, 50 mg/L'lik deri iminde ise önemli düzeyde azalmı tır ($p < 0,05$).



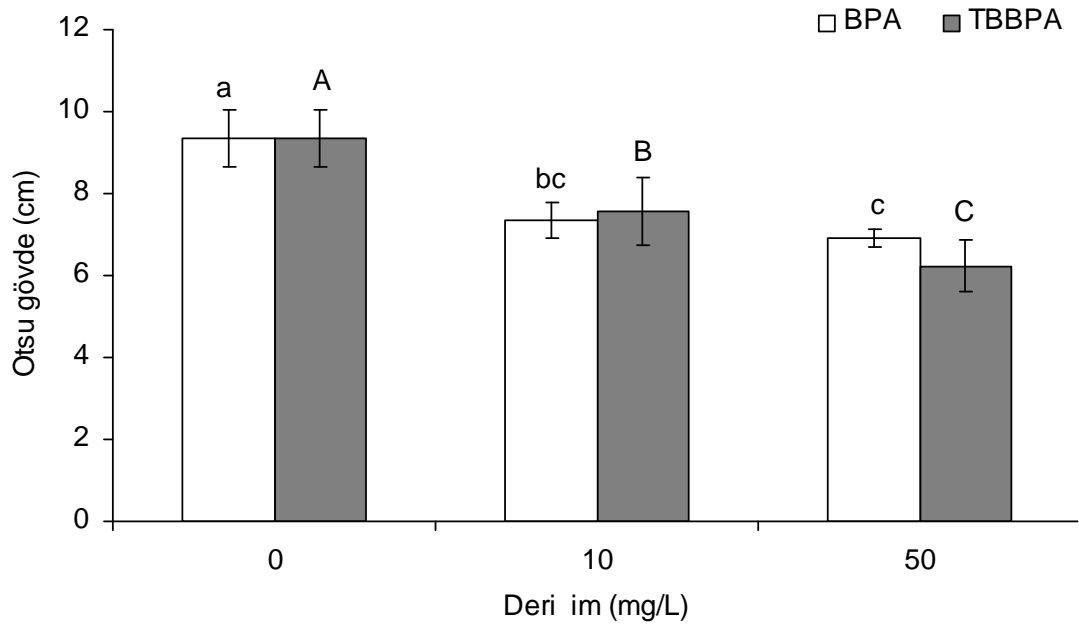
ekil 4.3. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario'nun kök uzunlukları. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



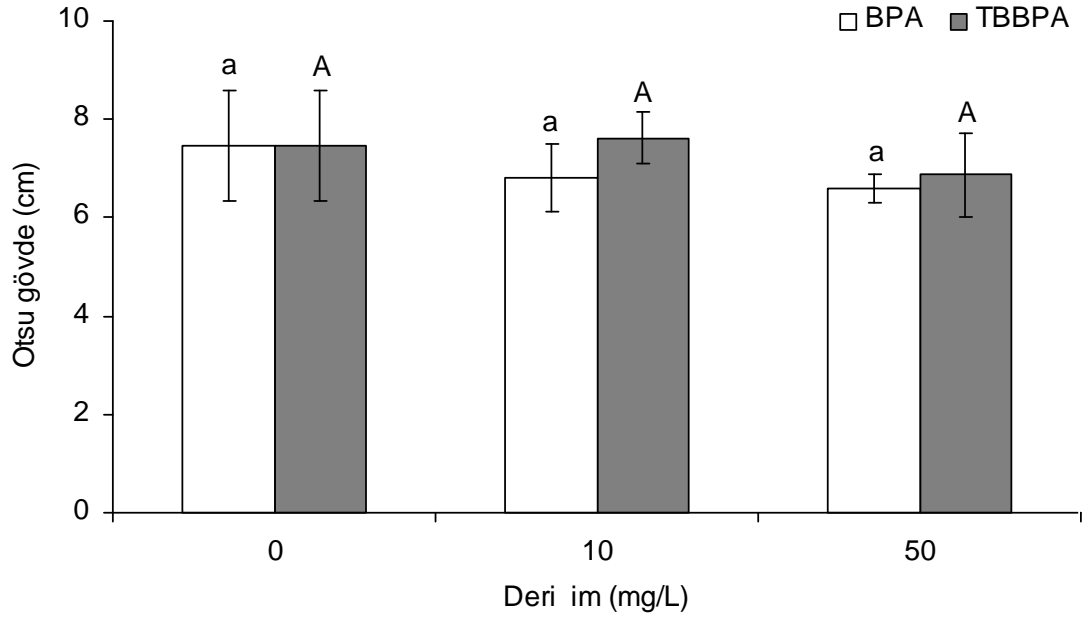
ekil 4.4. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit'in kök uzunlukları. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.3. BPA ve TBBPA'nın Otsu Gövde Gelişimine Etkisi

Sagittario ve Zenit fidelerinin BPA ve TBBPA etkisinde 6. gün sonundaki gövde uzunlukları sırasıyla ekil 4.3 ve ekil 4.4'de verilmektedir. Her iki kimyasalın etkisinde Sagittario'nun gövde uzunlukları önemli düzeylerde azalmıştır. Bu azalmalar BPA uygulamasının 10 ve 50 mg/L'lik deri iminde sırasıyla %21,3 ve %26,6 olmuştur ($p < 0.05$). Aynı ekilde TBBPA uygulamasının 10 ve 50 mg/L'lik deri iminde ise sırasıyla %19,1 ve %34,0 düzeyinde olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Zenit çeşidinin 10 ve 50 mg/L'lik BPA deri iminin etkisinde gövde uzunlukları sırasıyla %9,3 ve %12,0 düzeylerinde azalmıştır ($p > 0.05$). 10 mg/L'lik TBBPA etkisinde gövde uzunluğu %1,3 kontrole göre önemsiz artmıştır ($p > 0.05$), 50 mg/L TBBPA etkisinde ise %8,0 düzeyinde azalmıştır ($p > 0.05$).



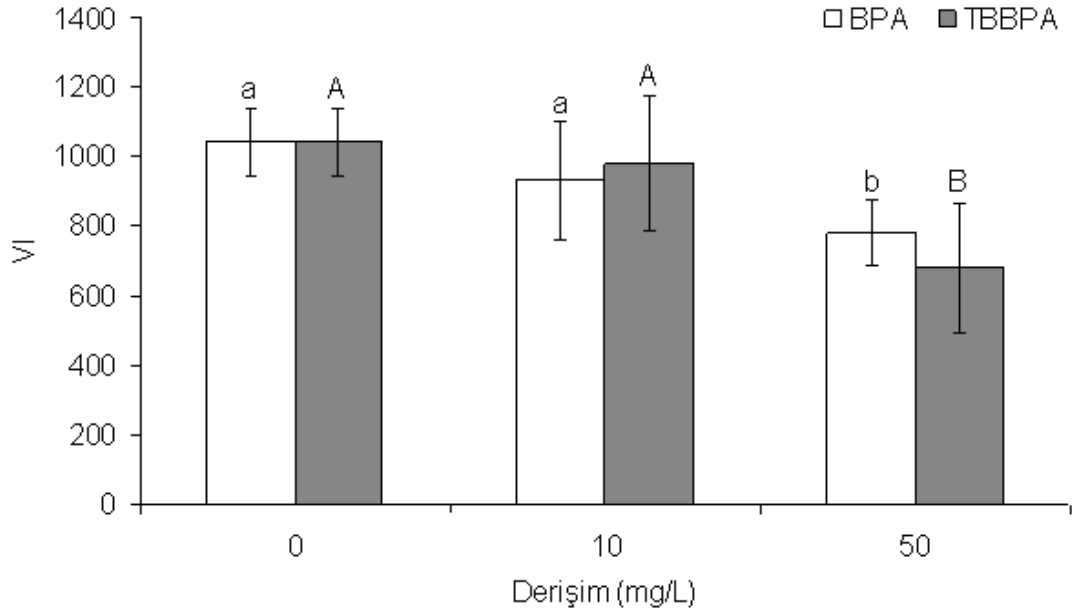
ekil 4.5. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çeşitlerinden Sagittario'nun otsu gövde uzunlukları. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



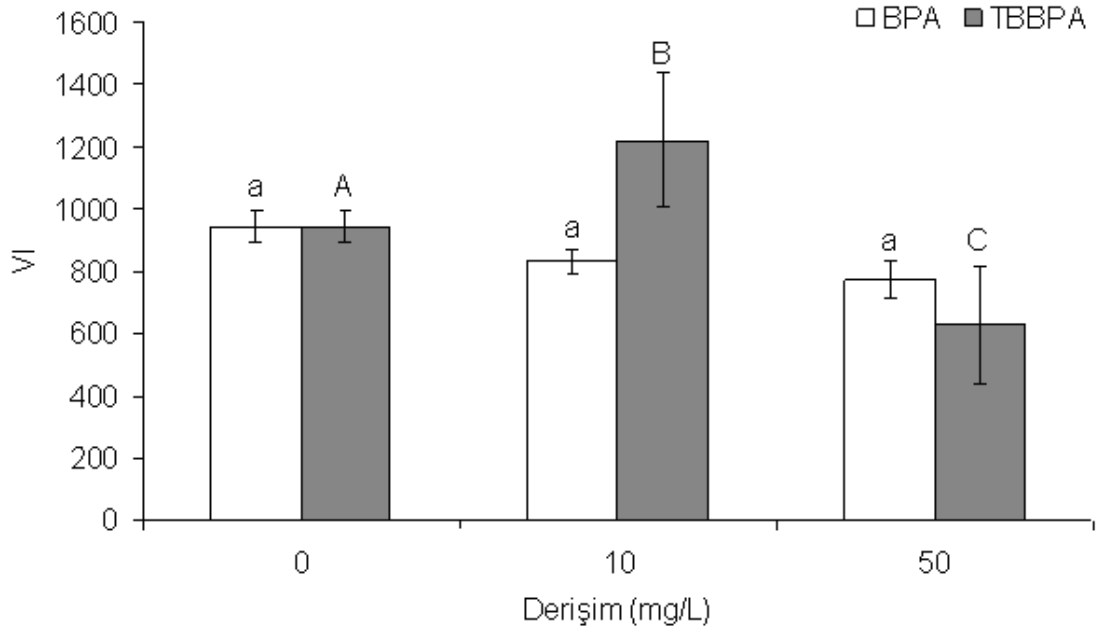
ekil 4.6. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit'in otsu gövde uzunlukları. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.4. Vigor ndeksi (VI)

Sagittario ve Zenit fidelerinin BPA ve TBBPA etkisindeki hesaplanan vigor indekleri sırasıyla ekil 4.7 ve ekil 4.8'de veri mi tir. Her iki kimyasal etkisinde ekmeklik bu day çe idinde vigor indeksleri 10 mg/L'de önemsiz azalma göstermi tir ($p > 0,05$). Buna kar ın BPA ve TBBPA'nın 50 mg/L'lik deri imlerinde sırasıyla %25,0 ve %34,6 düzeyinde azalmı tir ($p < 0,05$). BPA deri imlerinin etkisindeki Zenit çe idinin vigor indekslerinde istatistiksel olarak önemli bir de i im belirlenmemi tir ($p > 0,05$). Buna kar ın TBBPA'nın 10 mg/L'lik deri imde %29,8'lik artı olmu ken ($p < 0,05$), 50 mg/L'lik deri imde ise %33,3'lük bir azalma oldu u belirlenmi tir ($p < 0,05$).



ekil 4.7. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario'nun vigor indeksleri. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

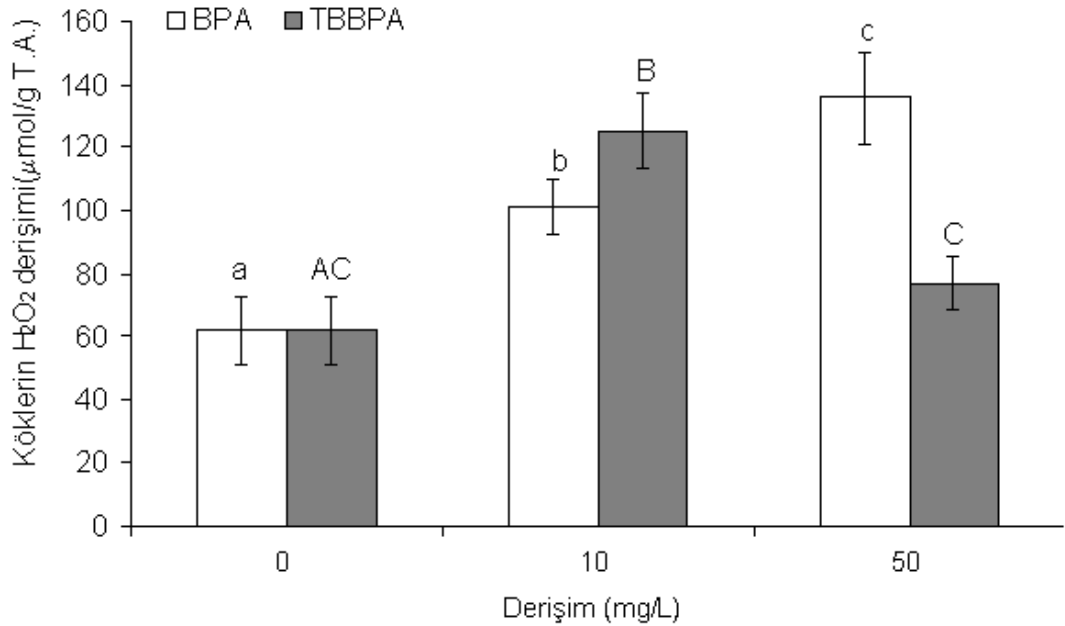


ekil 4.8. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit'in vigor indeksleri. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

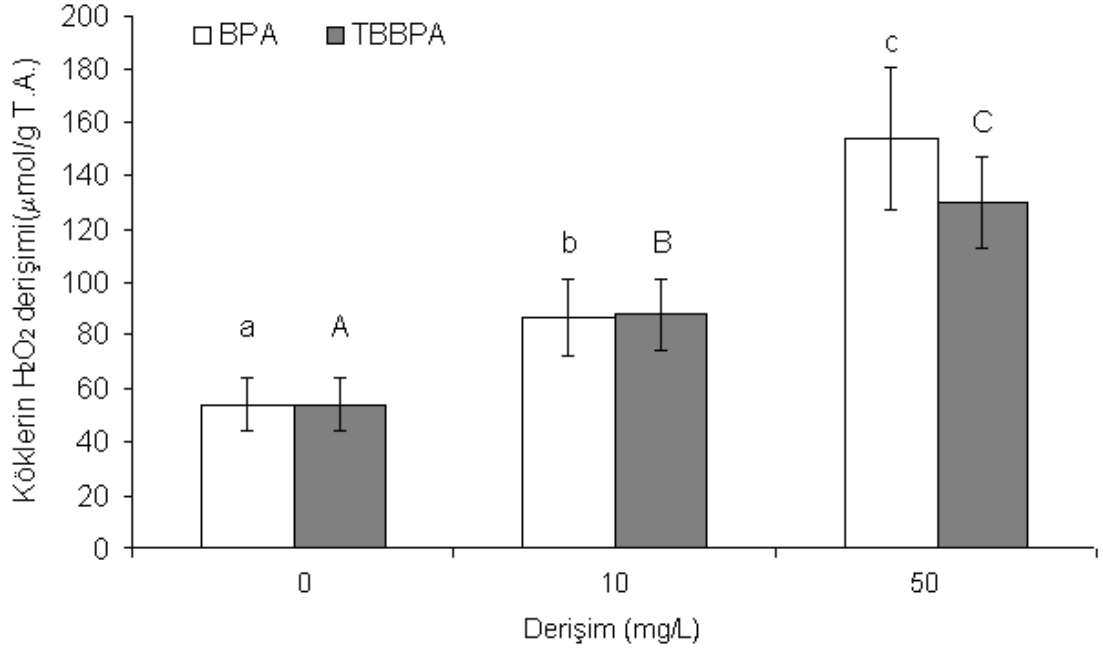
4.5. BPA ve TBBPA Etkisinde Hidrojen Peroksit Deri imleri

4.5.1. Köklerdeki Hidrojen Peroksit Deri imleri

BPA ve TBBPA etkisinde bu day fidelerinin köklerinde indüklenen oksidatif stresin bir göstergesi olarak analiz edilen H_2O_2 miktarları, Sagittario çe idi için ekil 4.9'da, Zenit çe idi için ise ekil 4.10'da verilmi tir. BPA'nın 10 ve 50 mg/L'lik deri imlerinin etkisinde Sagittario köklerinin H_2O_2 miktarları kontrolüne göre sırasıyla 1,6 ve 2,2 kat artı gösterdi i belirlenmi tir ($p<0.05$). TBBPA'nın aynı deri imlerinin etkisinde ise Sagittario'nun hidrojen peroksit miktarları 2,03 ($p<0.05$) ve 1,3 ($p>0.05$) kat artı gösterdi i belirlenmi tir. Bunlara benzer olarak, Zenit fidelerinin köklerinin hidrojen peroksit miktarları 10 ve 50 mg/L BPA etkisinde kontrole göre sırasıyla 1,61 ve 2,85 kat artı göstermi tir ($p<0.05$). Ayrıca 10 ve 50 mg/L TBBPA etkisinde ise bu artı lar 1,62 ve 2,41 kat oldu u belirlenmi tir ($p<0.05$).



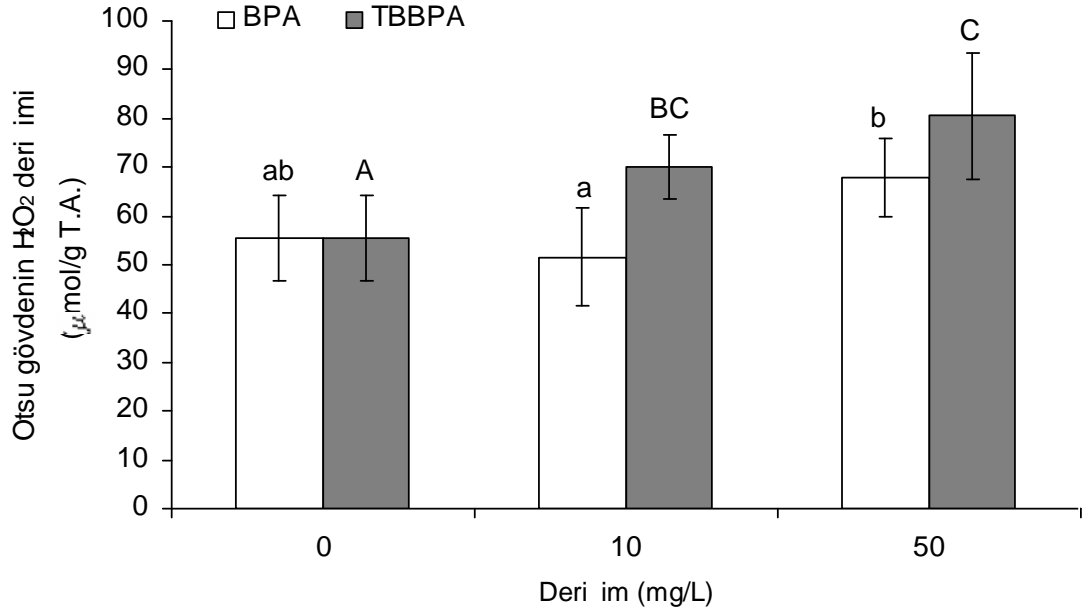
ekil 4.9. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin hidrojen peroksit miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tir. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



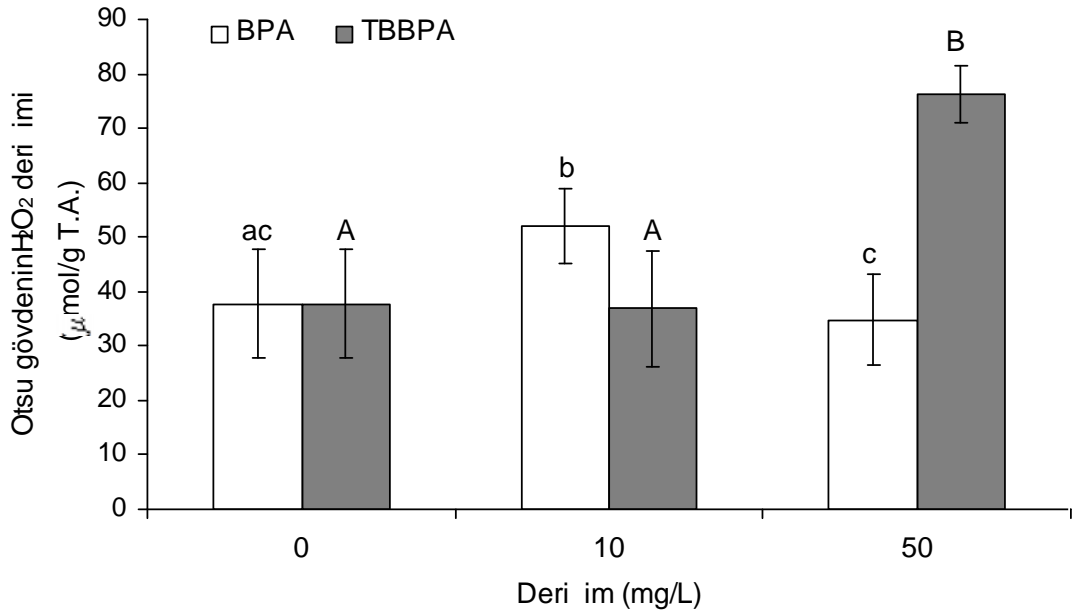
ekil 4.10. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit köklerinin hidrojen peroksit miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.5.2. Otsu Gövdelerdeki Hidrojen Peroksit Deri imleri

Sagittario ve Zenit fidelerinin BPA ve TBBPA etkisinde 6. gün sonundaki hidrojen peroksit miktarları sırasıyla ekil 4.11 ve ekil 4.12’de verimi tir. Her iki bu day çe idinin otsu gövdelerinin hidrojen peroksit miktarları BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisinde genelde artı lar göstermi tir. Sagittario’nun gövdelerinde 10 mg/L BPA etkisinde kontrolüne göre %6,9 düzeyinde azalmı ken ($p > 0.05$), 50 mg/L’lik deri imde ise 1,23 kat artı gösterdi i belirlenmi tir ($p < 0.05$). 10 ve 50 mg/L TBBPA etkisinde Sagittario gövdelerinin hidrojen peroksit deri imleri 1,28 ve 1,46 kat artmı tır ($p < 0.05$). Zenit gövdelerinin hidrojen peroksit miktarları 10 ve 50 mg/L BPA etkisinde 1,38 ($p < 0.05$) ve 0,92 ($p > 0.05$) kat de i im göstermi tir. Aynı deri imlerde TBPPA etkisinde ise 0,98 ($p > 0.05$) ve 2,02 ($p < 0.05$) kat düzeylerinde de i im gösterdi i belirlenmi tir.



ekil 4.11. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario otsu gövdelerinin hidrojen peroksit miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

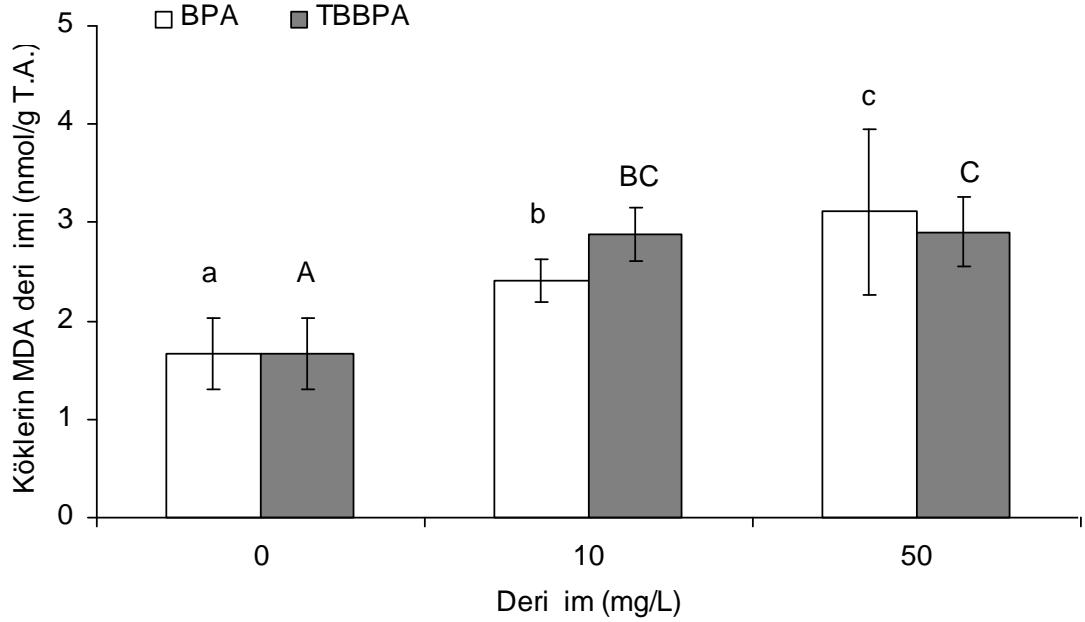


ekil 4.12. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit otsu gövdelerinin hidrojen peroksit miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

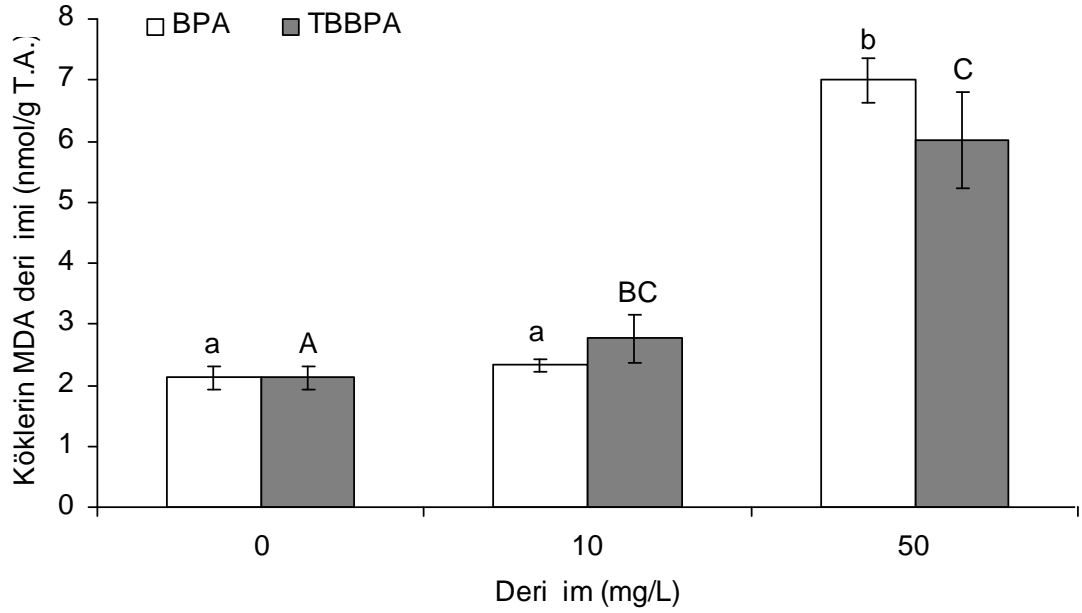
4.6. BPA ve TBBPA Etkisinde Lipid Peroksidasyonu

4.6.1. Köklerdeki Malondialdehit (MDA) Miktarları

BPA ve TBBPA etkisinde Sagittario (ekil 4.13) ve Zenit (ekil 4.14) köklerinin MDA miktarları, Zenit fide köklerinin 10 mg/L'lik BPA deri iminde MDA miktarı hariç ($p>0.05$), önemli düzeylerde arttı ı belirlenmi tir. Sagittario ve Zenit köklerinin en yüksek MDA miktarları BPA ve TBBPA'nın 50 mg/l'lik deri imde belirlenmi tir. Köklerdeki bu artı BPA ve TBBPA için sırasıyla %86,2 ve %73,7 düzeyinde olmu tur. Benzer ekilde, Zenit köklerinin BPA etkisindeki MDA deri imleri 10 ve 50 mg/L için sırasıyla %9,4 ve %229,7 bulunmu ken, aynı deri imlerdeki TBBPA etkisinde ise %30,2 ve %183,5 oldu u belirlenmi tir.



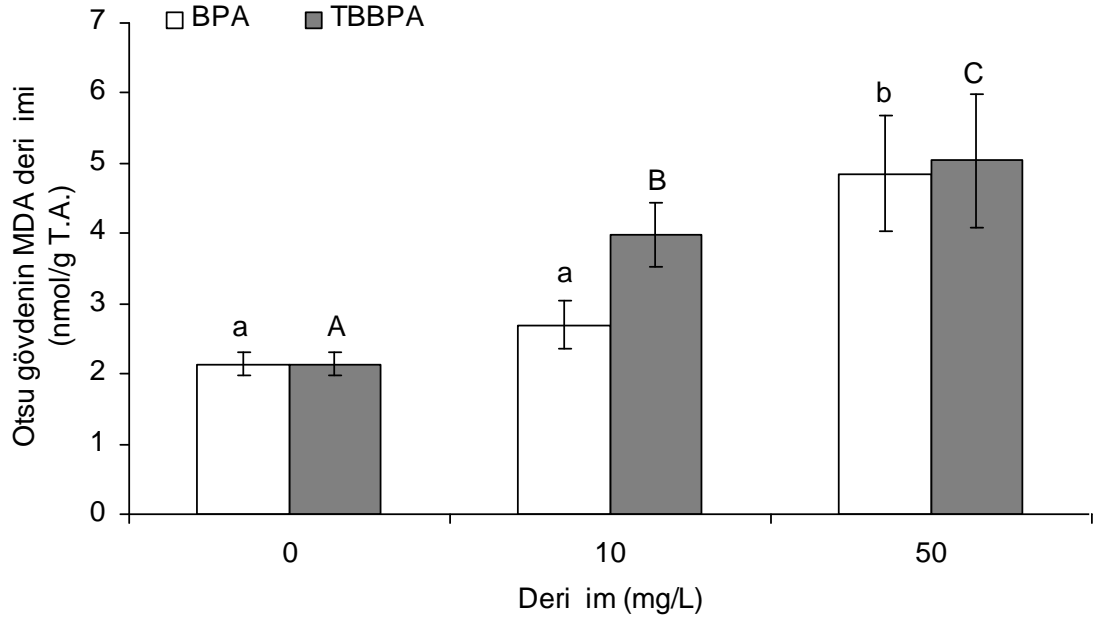
ekil 4.13. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin MDA miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tir. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



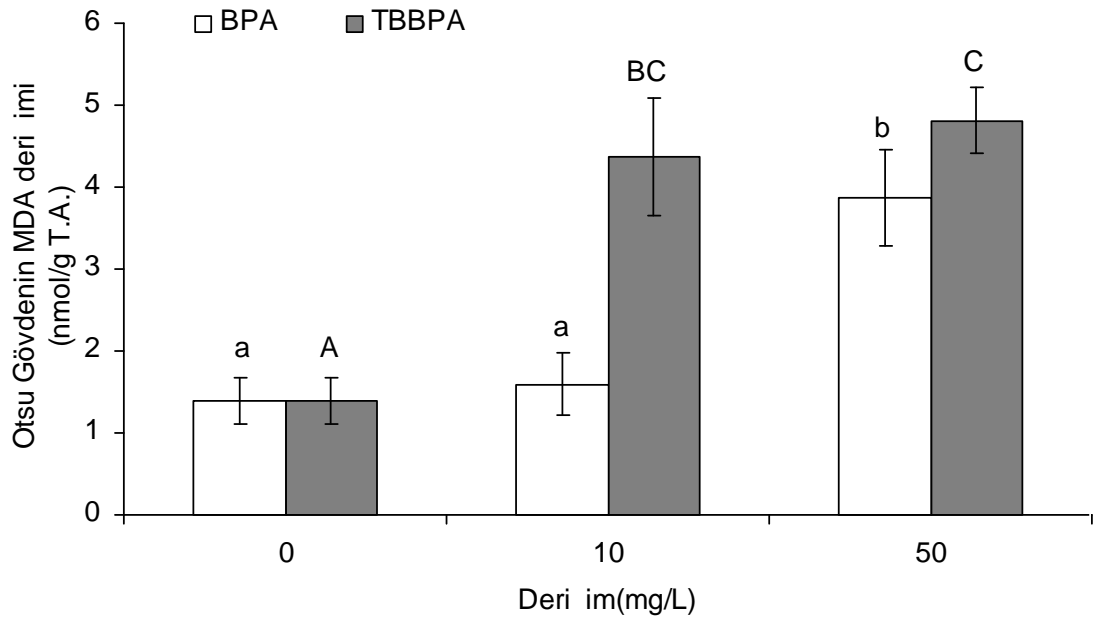
ekil 4.14. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit köklerinin MDA miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.6.2. Otsu Gövdelerdeki Malondialdehit (MDA) Miktarları

Bu day çe itlerinin köklerindeki MDA miktarları gibi otsu gövdelerinin de MDA miktarlarında artı lar olmu tur. Sagittario fide gövdelerindeki en yüksek artı lar 50 mg/L'lik BPA da %126,6 ve TBBPA için ise %135,5 düzeyinde oldu u belirlenmi tir ($p < 0.05$)0 (ekil 4.15). Zenit fidelerinin gövdelerindeki en yüksek artı lar da 50 mg/L'lik deri imlerde belirlenmi tir (ekil 4.16). BPA ve TBBPA için bu artı lar kontrole göre sırasıyla %177,1 ve %243,6 düzeylerinde saptanmı tır ($p < 0.05$).



ekil 4.15. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario otsu gövdelerinin MDA miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

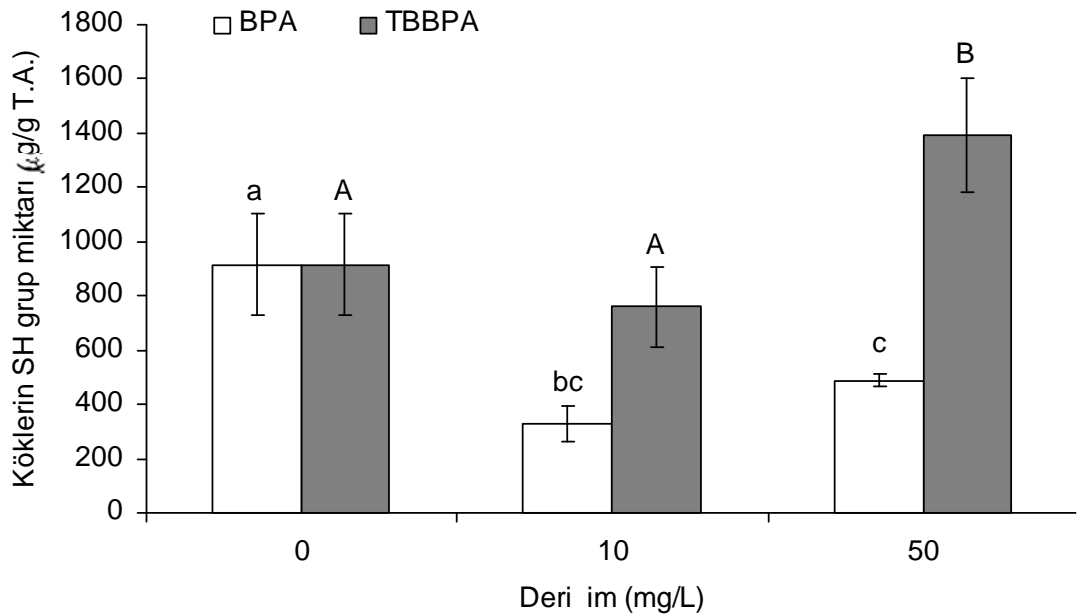


ekil 4.16. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit otsu gövdelerinin MDA miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

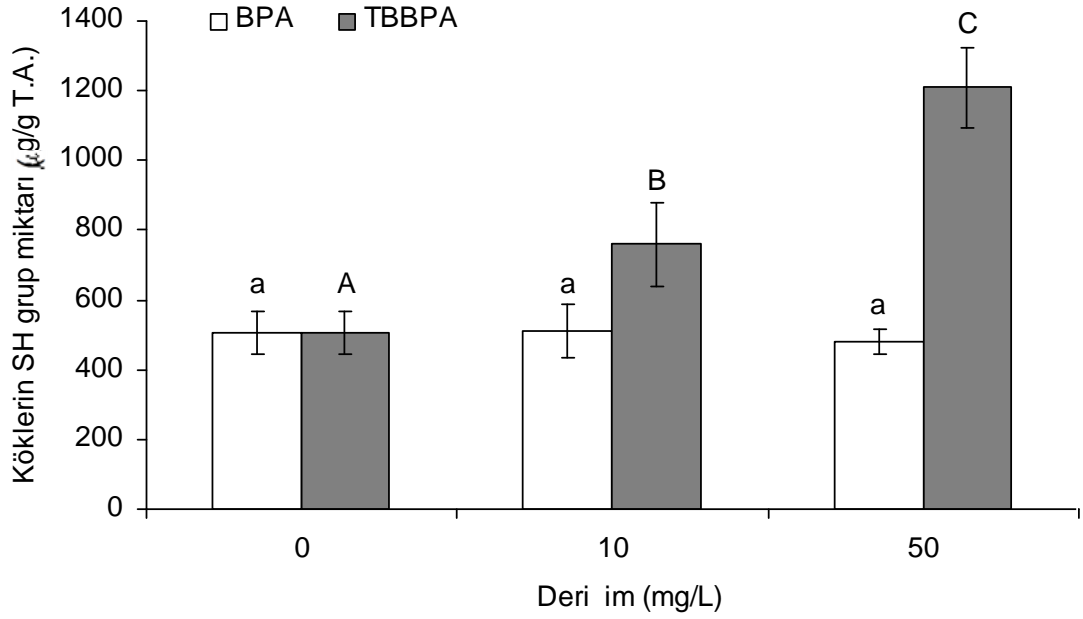
4.7. BPA ve TBBPA Etkisinde Protein Olmayan SH Grup Deri İmleri

4.7.1. Köklerdeki Protein Olmayan SH Grup Deri İmleri

Ekmeklik ve makarnalık bu day çe itlerinin protein olmayan SH grupları BPA ve TBBPA etkisinde de i imler gösterdi i bulunmu tur. Sagittario köklerinin protein olmayan SH grup miktarları 10 ve 50 mg/L BPA ile 10 mg/L TBBPA etkisinde azalmı ken, 50 mg/L'lik TBBPA deri iminde ise arttı ı bulunmu tur (ekil 4.17). Buna göre test edilen kimyasalların deri imleri arasında en dü ük SH grup miktarı 329,8 µg/g ile 10 mg/L BPA deri iminde, en yüksek miktar ise 1393,6 µg/g ile 50 mg/L TBBPA deri iminde belirlenmi tir. Buna kar ın Zenit fidelerinin köklerinin SH grup miktarları BPA etkisinde önemli bir de i im göstermemi tir (ekil 4.18). TBBPA deri imlerinin etkisinde ise önemli düzeylerde artı lar saptanmı tir.



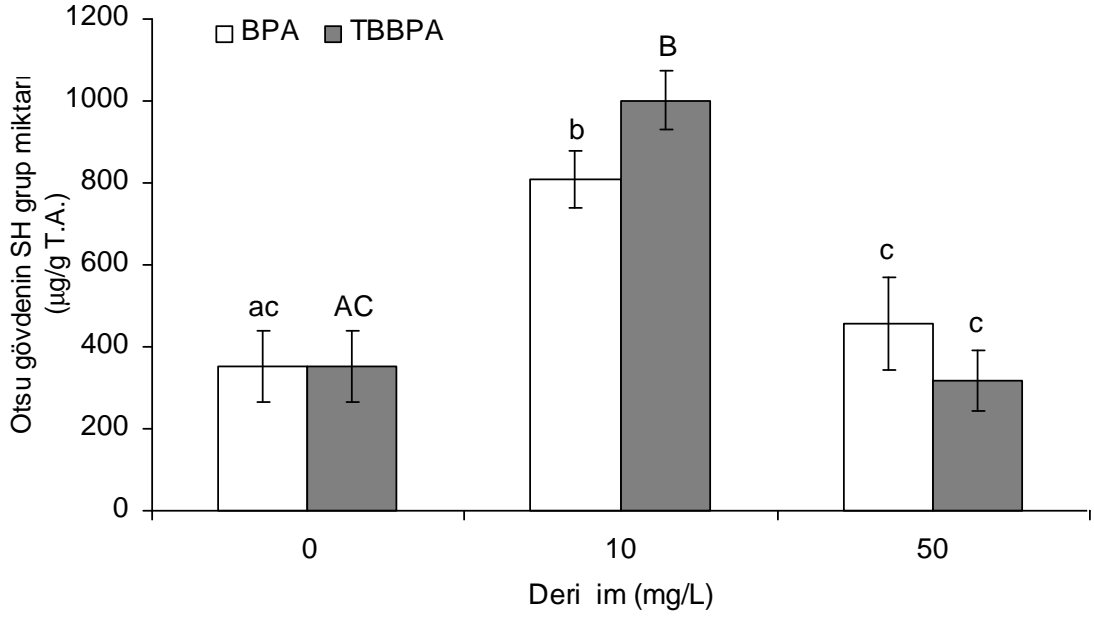
ekil 4.17. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin protein olmayan SH grup miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tir. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



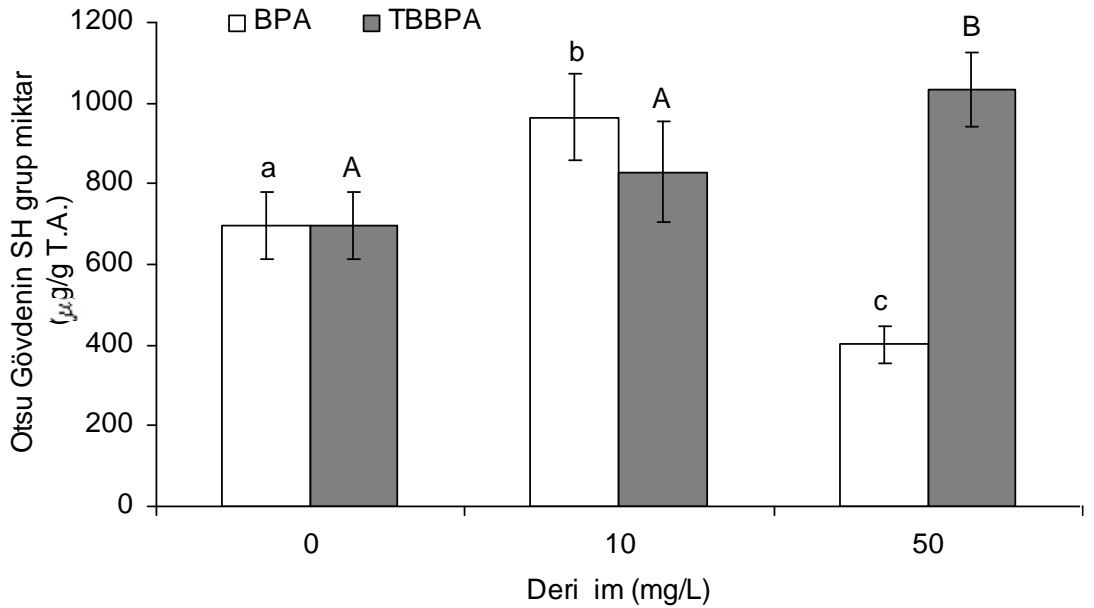
ekil 4.18. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit köklerinin protein olmayan SH grup miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.7.2. Otsu Gövdelerdeki Protein Olmayan SH Grup Deri imleri

Sagittario'nun gövdelerinin protein olmayan SH grup miktarları ekil 4.19'da verilmi tir. Elde edilen bulgulara göre, 10 mg/L BPA ve TBBPA etkisinde Sagittario gövdelerinin SH grup miktarları kontrole göre sırasıyla %130,4 ve %185,2 düzeylerinde artı lar gösterdi i belirlenmi tir ($p < 0.05$). Bunun aksine, 50 mg/l'lik BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisinde ise istatistiksel olarak önemli bir de i im göstermemi tir ($p > 0.05$). Sagittario da belirlendi i gibi, dü ük deri imdeki BPA ve TBBPA etkisinde de Zenit gövdelerinin SH grup miktarlarında artı lar bulunmu tur (ekil 4.20). Zenit gövdelerinin en dü ük SH grup miktarı 478,7 µg/g ile 50 mg/L'de, en yüksek miktar ise 1032.5 µg/g ile 50 mg/L'lik TBBPA deri iminde belirlenmi tir.



ekil 4.19. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario gövdelerinin protein olmayan SH grup miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

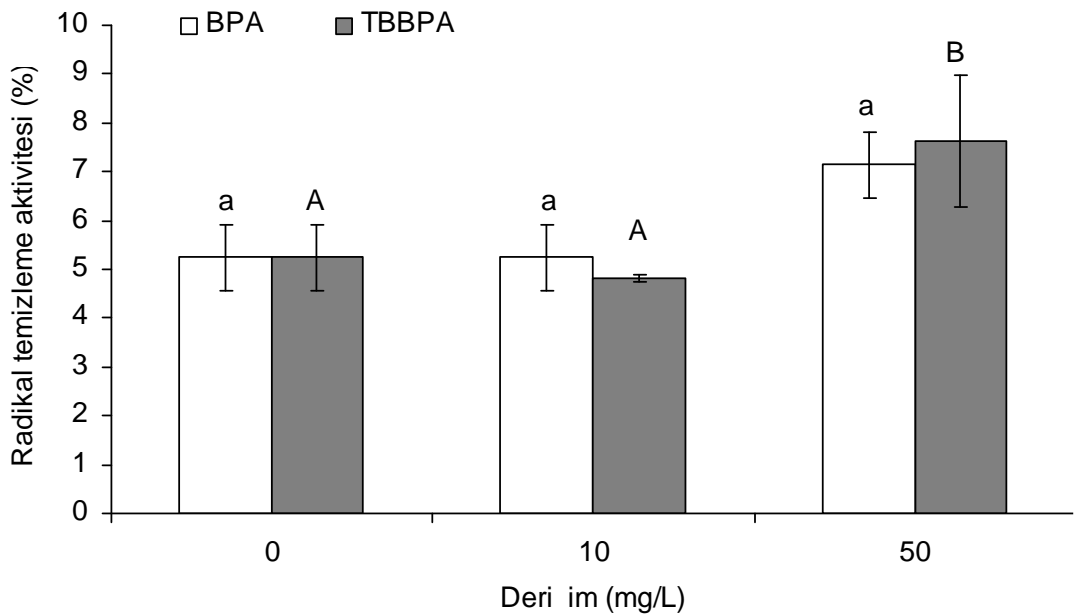


ekil 4.20. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit gövdelerinin protein olmayan SH grup miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

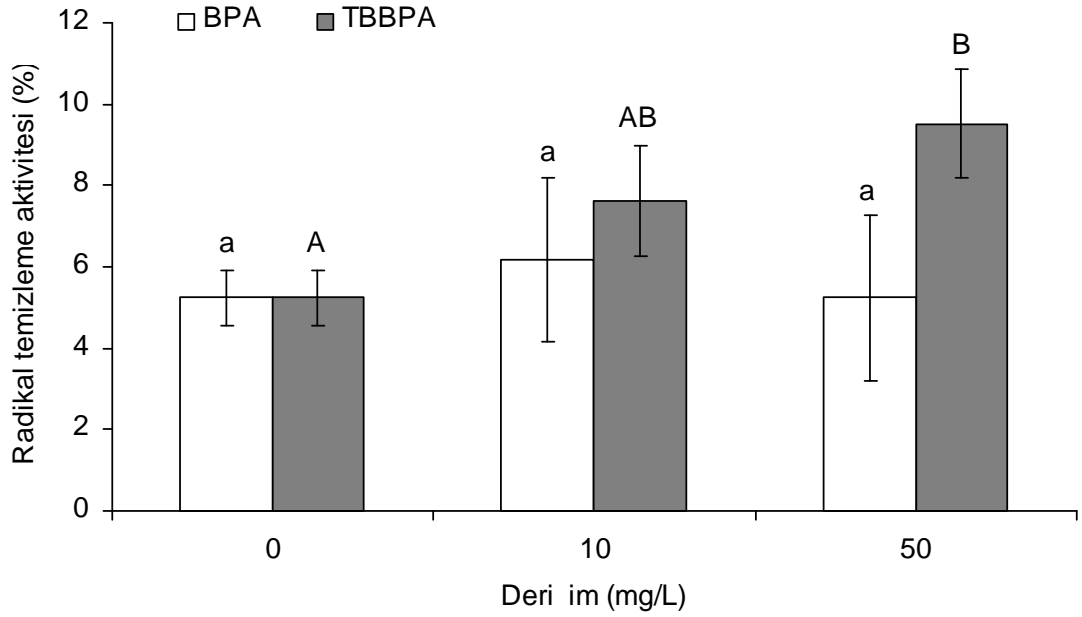
4.8. BPA ve TBBPA Etkisinde Radikal Temizleme Aktiviteleri

4.8.1. Köklerdeki Radikal Temizleme Aktiviteleri

BPA ve TBBPA etkisinde bu day fidelerinin köklerinin radikal temizleme aktiviteleri, Sagittario çe idi için ekil 4.21’de, Zenit çe idi için ise ekil 4.22’de verilmi tir. Sagittario çe idinin köklerinin radikal temizleme aktiviteleri BPA’nın 10 ve 50 mg/L’lik deri imlerinde artmasına ra men, bu artı lar kontrole göre önemli bulunmamı tir ($p>0.05$). 10 mg/L TBBPA etkisinde ise önemsiz düzeyde azalmı tir ($p>0.05$). Bunların aksine TBBPA’nın 50 mg/L’lik deri iminde kontrole göre %177,6 düzeyinde önemli bir artı göstermi tir ($p<0.05$). Bunlara benzer olarak, Zenit fidelerinin köklerinin hidrojen peroksit miktarları 10 ve 50 mg/L BPA etkisinde kontrole göre önemli bir de i im göstermemi tir ($p>0.05$). 50 mg/L TBBPA etkisinde ise %81,7 düzeyinde bir artı göstermi tir ($p<0.05$).



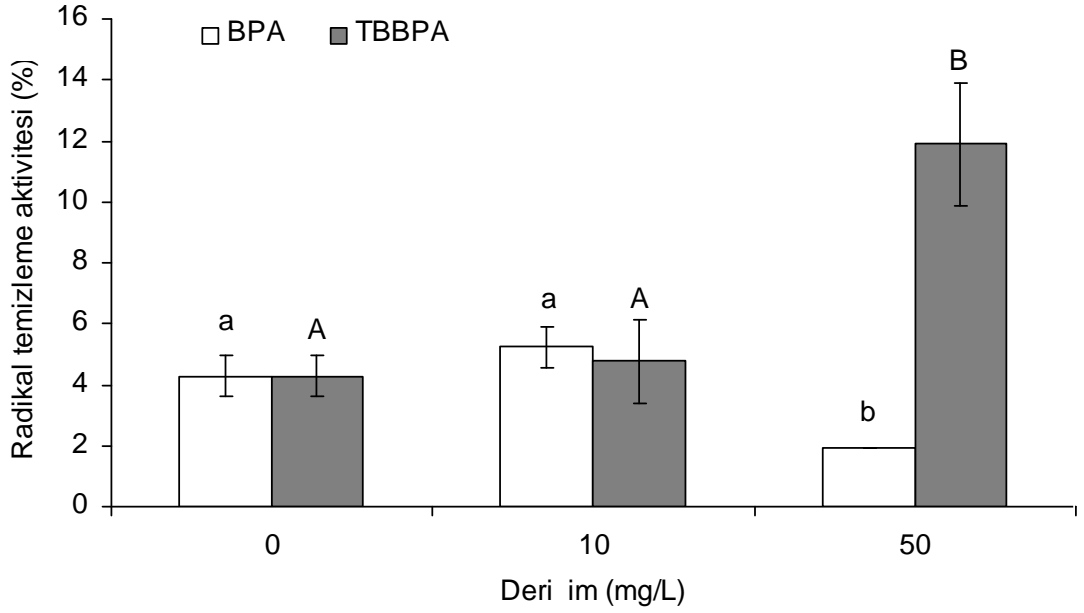
ekil 4.21. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin radikal temizleme aktiviteleri. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tir. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



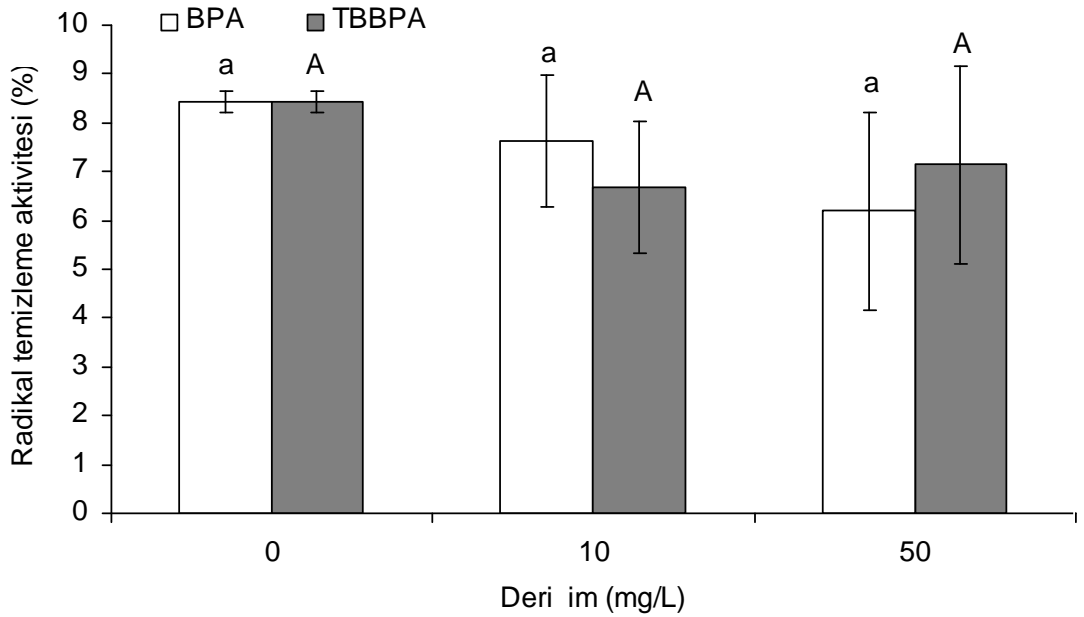
ekil 4.22. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit köklerinin radikal temizleme aktiviteleri. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.8.2. Otsu Gövdelerdeki Radikal Temizleme Aktiviteleri

BPA ve TBBPA etkisinde bu day fidelerinin gövdelerinin radikal temizleme aktiviteleri, Sagittario çe idi için ekil 4.23'de, Zenit çe idi için ise ekil 4.24'de verilmi tir. Sagittario çe idinin gövdelerinin radikal temizleme aktivitelerine göre, BPA ve TBBPA'nın 10 mg/L deri imlerinde kontrole göre önemli bir de i im belirlenememi tir ($p > 0.05$). Bunların aksine 50 mg/L BPA etkisinde kontrole göre önemli bir azalma belirlenmi ken, 50 mg/L TBBPA etkisinde ise önemli bir artı elde edilmi tir ($p < 0.05$). Makarnalık bu day çe idi olan Zenit fidelerinin gövdelerinin radikal temizleme aktiviteleri, BPA ve TBPPA etkisinde azalmı tır. Ancak, her iki kimyasalın uygulanan deri imlerinin etkisindeki bu azalmalar kontrole göre önemsiz olmu tur ($p > 0.05$).



ekil 4.23. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario gövdelerinin radikal temizleme aktiviteleri. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

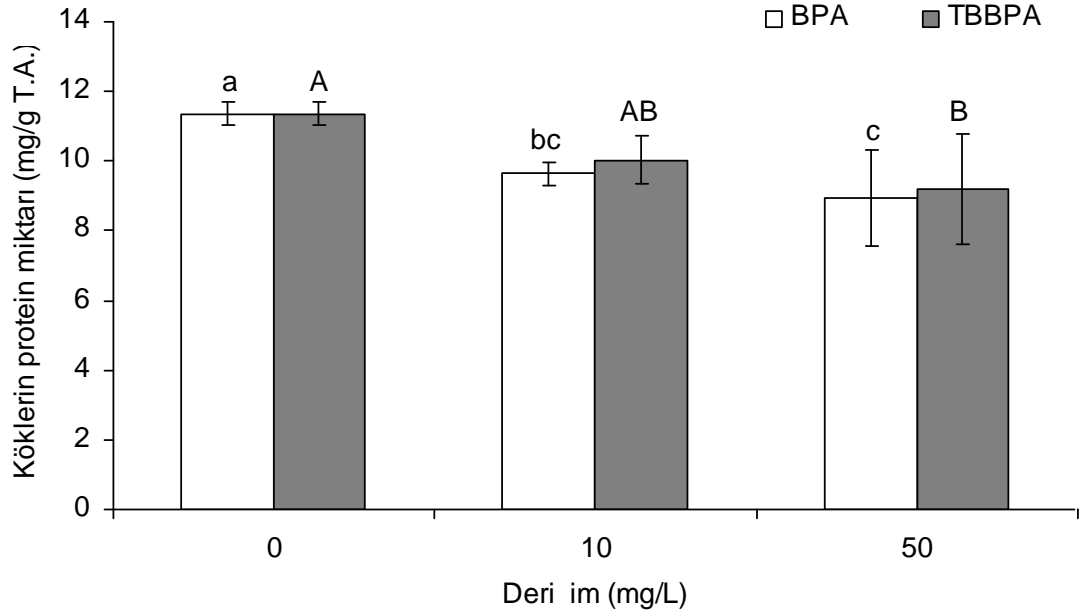


ekil 4.24. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit gövdelerinin radikal temizleme aktiviteleri. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

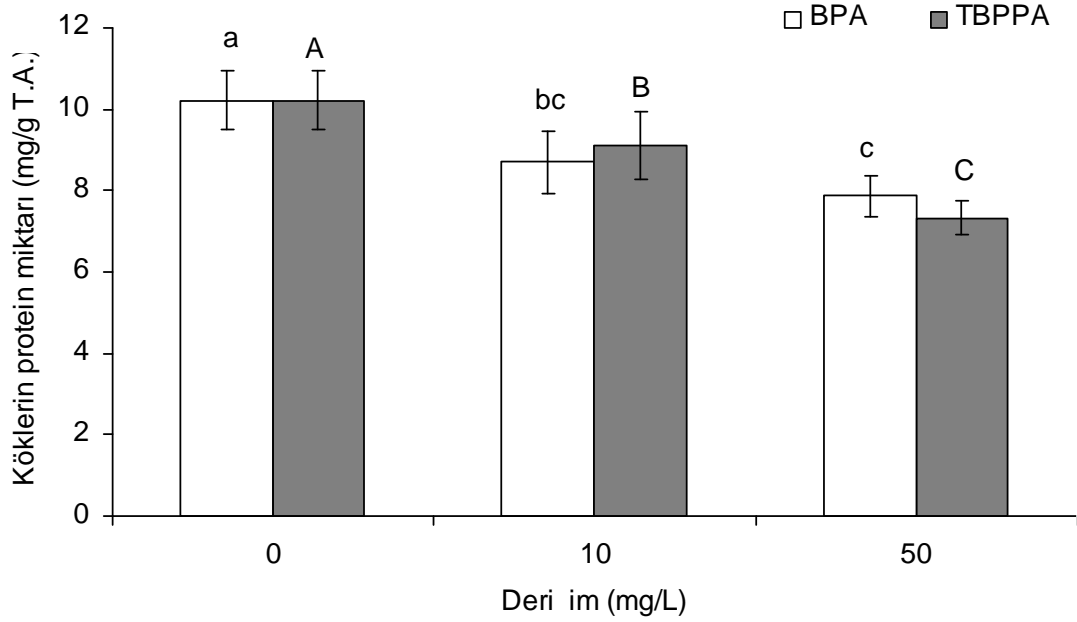
4.9. BPA ve TBBPA Etkisinde Protein Miktarları

4.9.1. Köklerdeki Protein Miktarları

Bu day dokularındaki protein olmayan SH grup miktarlarının aksine, fidelerin köklerinin protein miktarları BPA ve TBBPA etkisinde azalmalar göstermi tir. Sagitario köklerinin BPA etkisindeki bu azalmalar 10 ve 50 mg/L'lik deri imde ve kontrole göre sırasıyla %15,4 ve %19,1 ve oldu u belirlenmi tir ($p<0.05$) (ekil 4.25). Benzer ekilde, 10 ve 50 mg/L TBBPA etkisindeki azalmaları da %12,0 ve %19,3 düzeylerinde olmu tur. Zenit köklerindeki protein miktarlarındaki en yüksek azalmalar da 50 mg/L der imlerde ve BPA ve TBBPA için kontrole göre sırasıyla %23,1 ve %28,4 düzeylerinde oldu u tespit edilmi tir ($p<0.05$) (ekil 4.26).



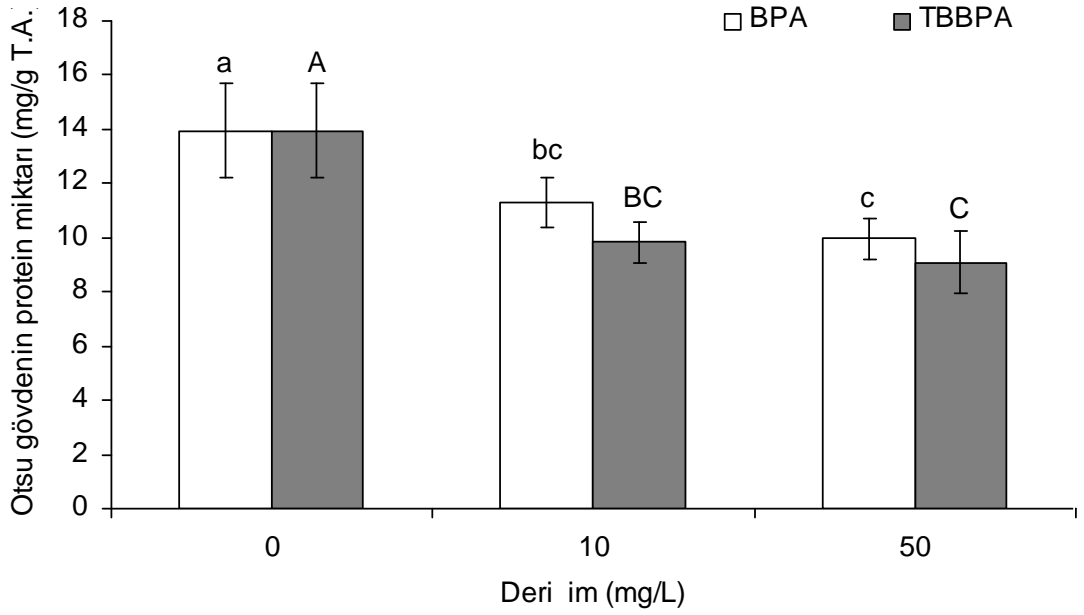
ekil 4.25. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario köklerinin protein miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tir. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



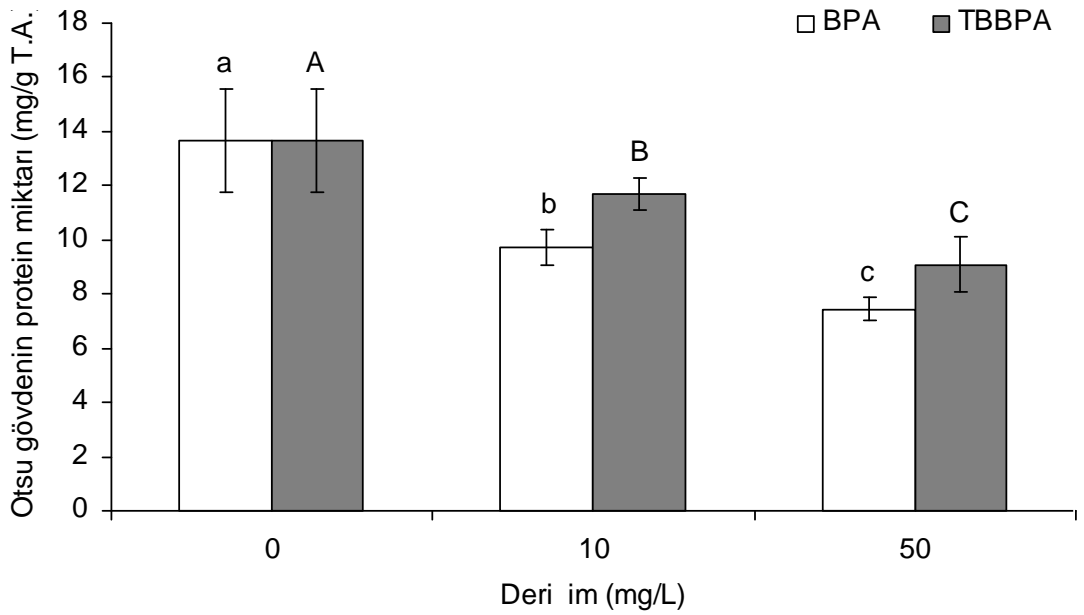
ekil 4.26. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit köklerinin protein miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmıştır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.9.2. Otsu Gövdelerdeki Protein Miktarları

Ekmeçlik bu day çe itlerinden Sagittario ve makarnalık bu day çe itlerinden Zenit gövdelerinin protein miktarları ekil 4.27 ve ekil 4.28'de verilmiştir. Buna göre, köklerdeki protein miktarlarında elde edilen bulgulara paralel olarak, gövdelerin protein miktarlarında da önemli azalmalar elde edilmiştir. En yüksek protein miktarları kontrollerde bulunmuştur. Buna karşın, Sagittario gövdelerinin en düşük protein miktarları, BPA ve TBBPA'nın 50 mg/L'lik deri iminde bulunmuş ve kontrolüne göre sırasıyla %28,5 ve %34,8 düzeylerinde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Zenit gövdelerinin en düşük protein miktarları da BPA ve TBBPA'nın 50 mg/L'lik deri iminde bulunmuş ve kontrole göre %45,7 ve %33,4 düzeylerinde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0,05$).



ekil 4.27. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki ekmeklik bu day çe itlerinden Sagittario gövdelerinin protein miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.



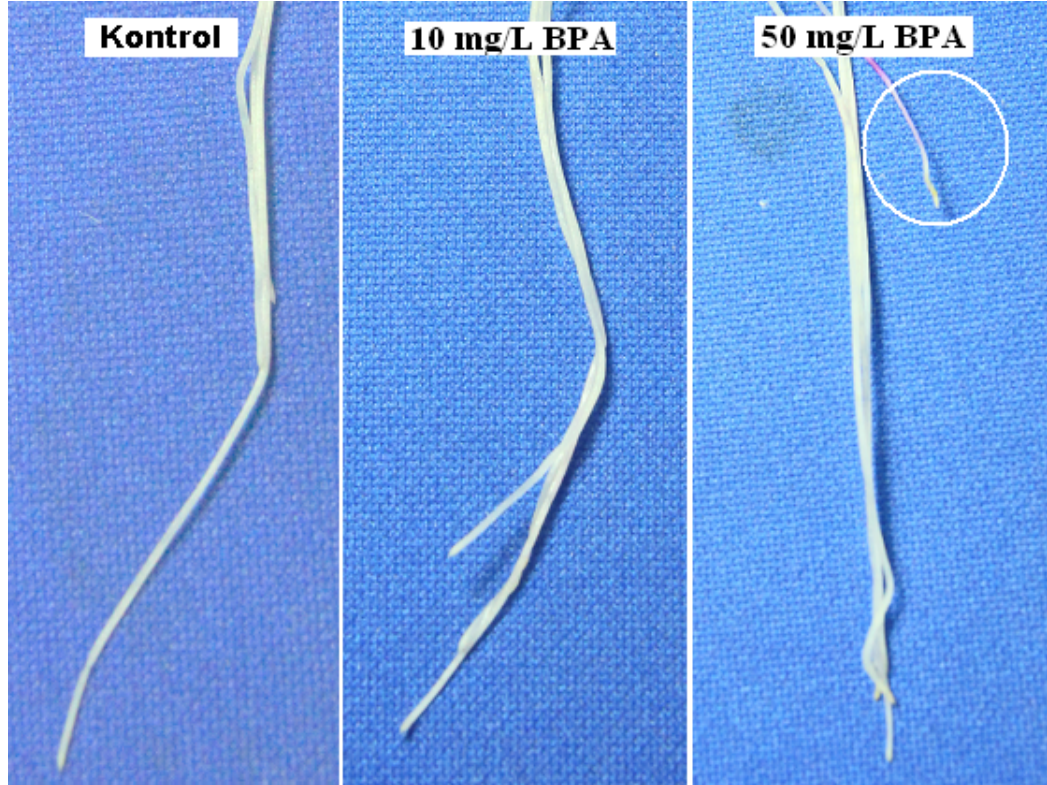
ekil 4.28. Farklı BPA ve TBBPA deri imlerinin etkisindeki makarnalık bu day çe itlerinden Zenit gövdelerinin protein miktarları. Hesaplamalar dört tekrarın ortalaması ile yapılmı tır. Hata barları standart sapmayı belirlemektedir. Barlar üzerindeki farklı harfler $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.10. BPA ve TBBPA Etkisinde Histokimyasal Değişimler

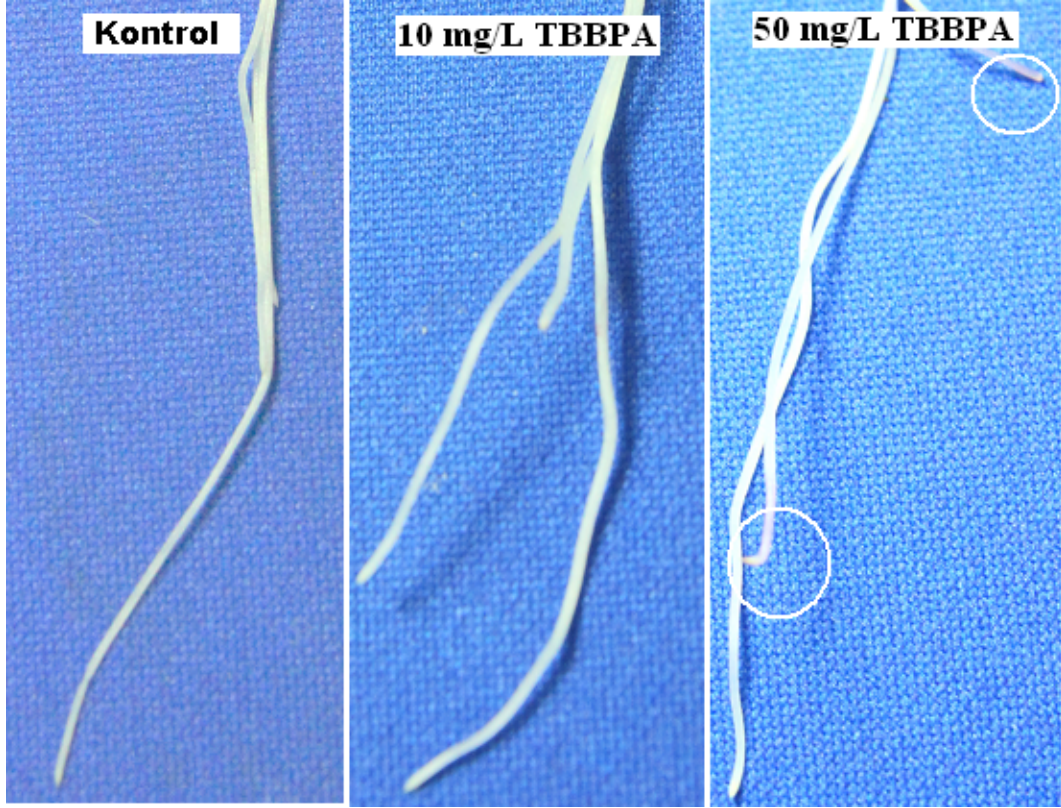
BPA ve TBBPA'nın makarnalık ve ekmeklik buğday çeşitlerinin köklerinde meydana getirdiği oksidatif hasarı histokimyasal olarak belirlemek amacıyla, kökler Schiff ve Evans Blue çözeltileri ile boyanmıştır.

4.10.1. Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi

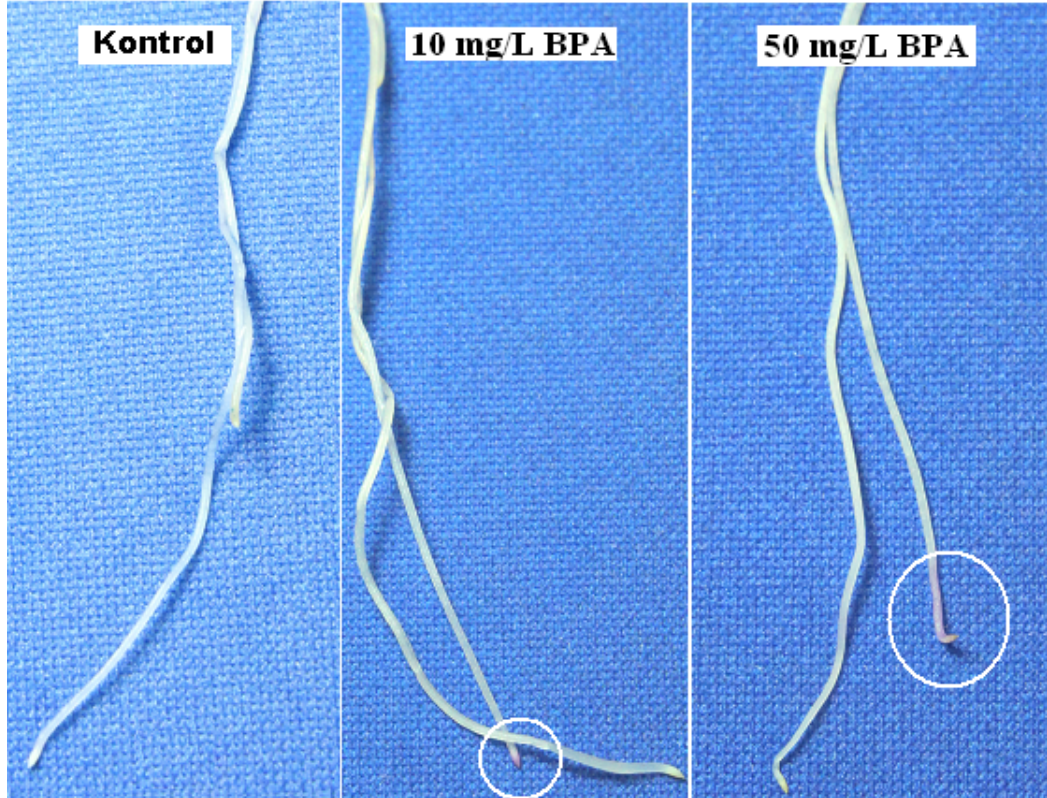
Ekil 4.29-32'de kimyasallarla uygulama sonunda, boyanan köklerin durumu verilmiştir. Bunlara göre, Sagittario'nun 50 mg/L BPA, 10 ve 50 mg/L'lik TBBPA derişimlerinin etkisinde kök uçlarında boyanmaların olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Zenit köklerinin de 10 ve 50 mg/L BPA ve 50 mg/L'lik TBBPA derişimlerinde kök uçlarında boyanmaların olduğu görülmüştür. Bu bulgulara göre, boyanmalar uygulamaların bitki köklerinde lipid peroksidasyonuna neden olduğunun en açık kanıtı olarak sunulabileceğini göstermiştir.



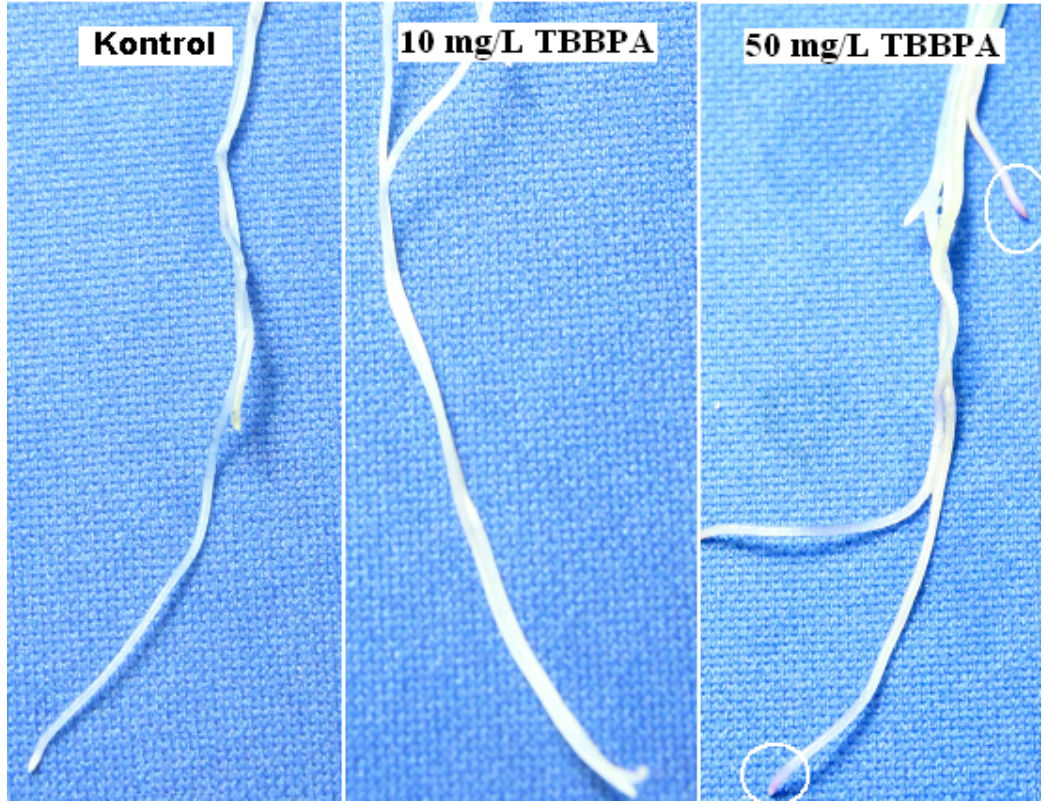
ekil 4.29. Sagittario'nun farklı BPA derişimlerinin etkisindeki köklerindeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.



ekil 4.30. Sagittario'nun farklı TBBPA deri imlerinin etkisindeki köklerdeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.



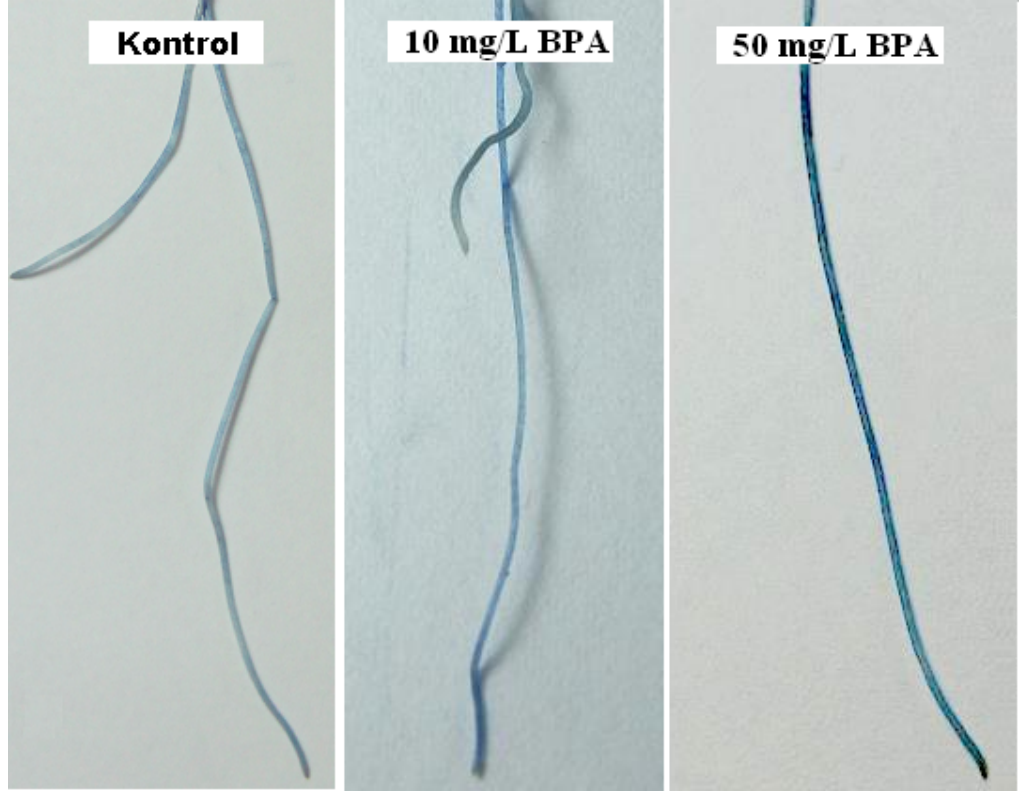
ekil 4.31. Zenit'in farklı BPA deri imlerinin etkisindeki köklerdeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.



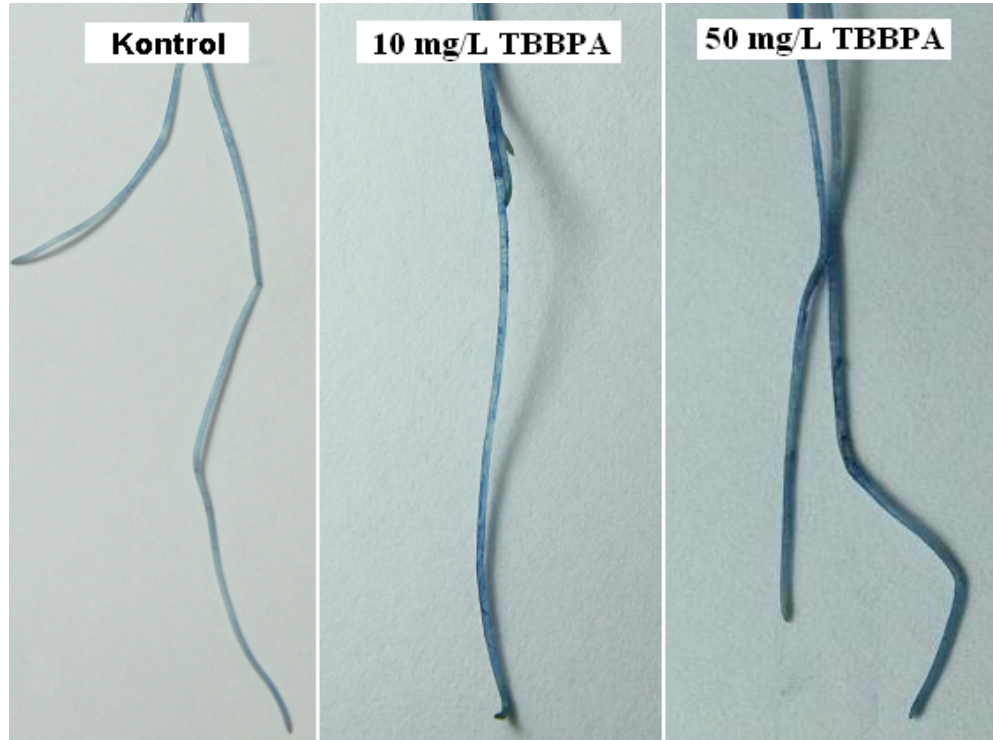
ekil 4.32. Zenit'in farklı TBBPA deri imlerinin etkisindeki köklerdeki lipid peroksidasyonunun histokimyasal olarak belirlenmesi.

4.10.2. Membran Sıvı İyon Belirlenmesi

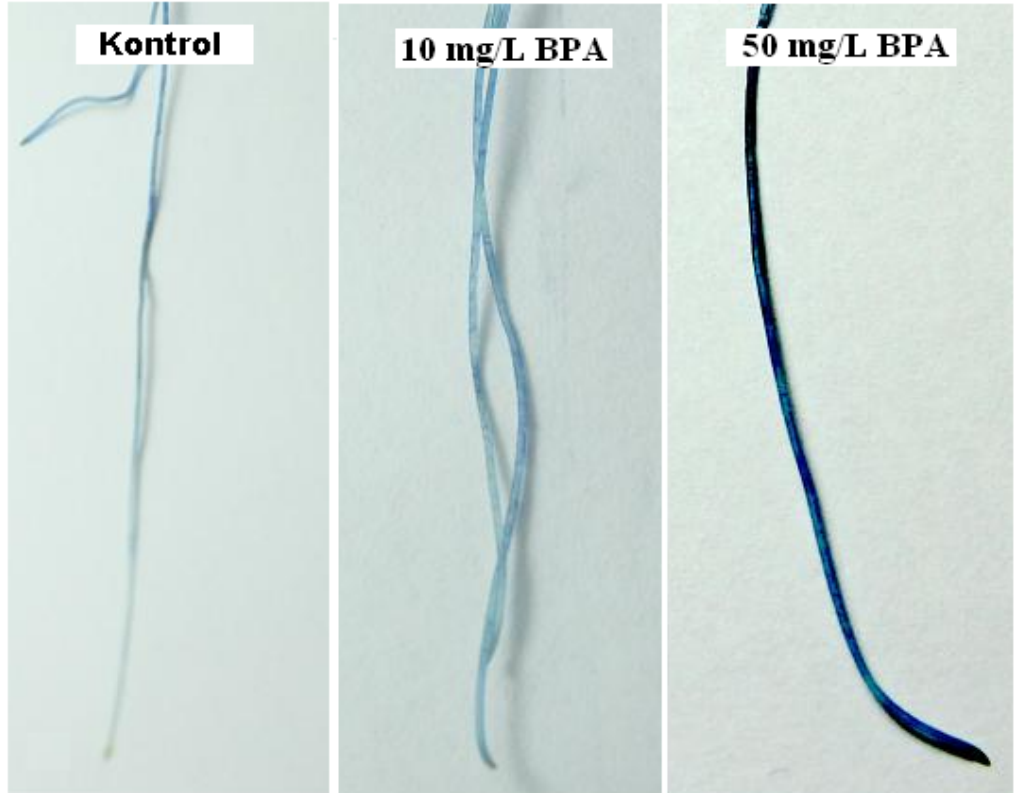
BPA ve TBBPA etkisinde ekmeçlik ve makarnalık buğday çeşitlerinin köklerindeki membran sıvı iyon belirlenmesi için, kökler Evans Blue ile boyanmıştır. ekil 4.33- 36'da görüldüğü gibi, buğday çeşitlerinin membran sıvı iyonları 10 mg/L'lik BPA ve TBBPA deri iminde kısmen korunmuştur. Buna karşın, özellikle 50 mg/L'lik BPA ve 50 mg/L'lik TBBPA deri iminde membran sıvı iyon kontrolüne göre önemli düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir.



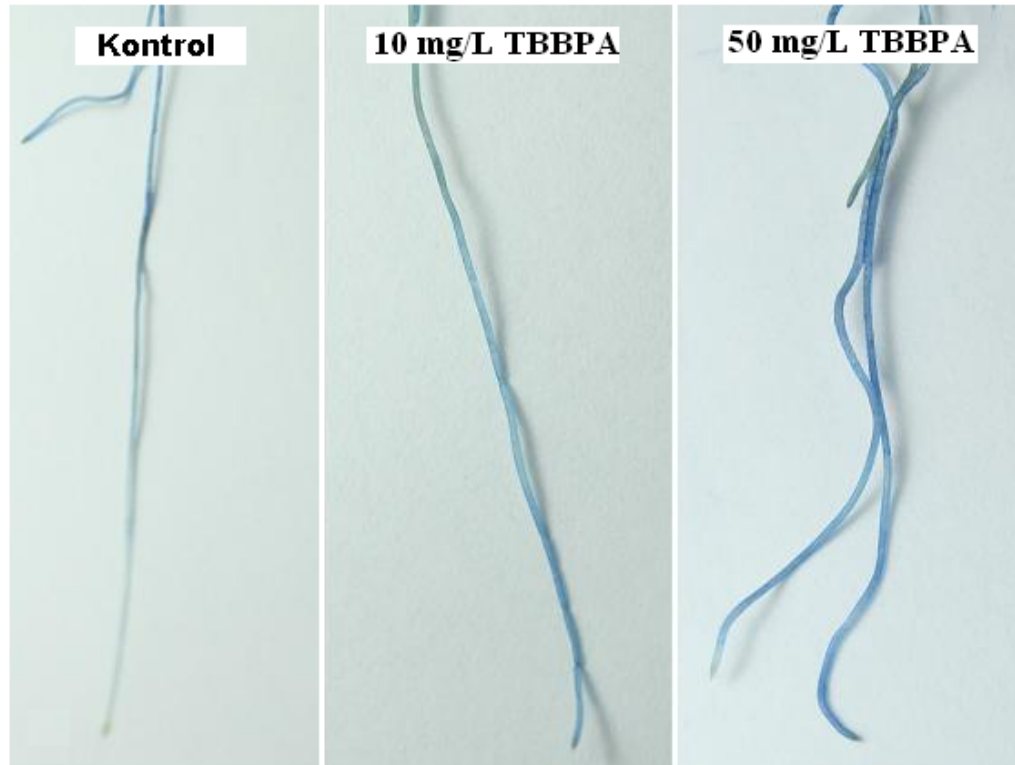
ekil 4.33. Sagittario'nun farklı BPA deri imlerinin etkisindeki köklerinin membran sa lamı ının histokimyasal olarak belirlenmesi.



ekil 4.34. Sagittario'nun farklı TBBPA deri imlerinin etkisindeki köklerinin membran sa lamı ının histokimyasal olarak belirlenmesi.



ekil 4.35. Zenit'in farklı BPA deri imlerinin etkisindeki köklerinin membran sa lamı nın histokimyasal olarak belirlenmesi.



ekil 4.36. Zenit'in farklı TBBPA deri imlerinin etkisindeki köklerinin membran sa lamı nın histokimyasal olarak belirlenmesi.

BÖLÜM 4

TARTI MA VE SONUÇ

nsan aktiviteleri sonucu çevreye verilen atık maddeler gerek suçul ve gerekse karasal canlılarda üreme, geli me ve di er hayati faaliyetlerin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Genel olarak çevreye verilen bu atıklar fenolik maddeler, aldehitler, alkoller, steroller, poliaromatik hidrokarbonlar, pestisitler, dioksinler, alkilfenolik bile ikler, deterjanlar, a ır metaller gibi kimyasallardır. Ksenoöstrojenler olarak adlandırılan bu grupta yer alan kimyasalların ço u veya bunların degradasyon ürünleri de östrojenik, mutajenik, karsinojenik veya toksik etkili olabilmektedir. Çevredeki bu kimyasallar genelde canlılar tarafından çe itli yollarla bünyelerine alınarak depolanabilmektedirler (Paxeus vd., 1992; Toppari vd., 1996). Bunun sonucunda da canlılar üzerinde zararlı etkileri olabilmektedir. Bu çalı mada, BPA ve TBBA'nın farklı bu day çe itlerinin kök ve gövdelerindeki bazı biyokimyasal de i imlere ve tohum çimlenmesi üzerine etkileri ara tırılmı tır.

Bitkiler genellikle çimlenme süreçleri boyunca toksisiteye duyarlıdırlar. Tohum çimlenmesi bitkilerin toksik etkilere toleransları için sıklıkla kullanılan kriterlerden birisidir (Parkpian vd., 2002). Ferrara vd. (2006) 10 ve 50 mg/L BPA konsantrasyonlarının etkisinde tohum çimlenmesinin engellemedi ini bildirmi tir. Bulgularımıza göre, Sagittario ve Zenit'in tohum çimlenmesi 10 mg/L BPA ve TBBPA deri imdeki uygulamalarda önemli bir ekilde de i iklik göstermemi tir. Bununla birlikte, tohum çimlenmesi Zenit tohumlarının 50 mg/L BPA deri iminde de önemsiz düzeyde azalmı ken, Zenit'in 50 mg/L TBBPA ve Sagittario'nun 50 mg/L BPA ve TBBPA deri imlerinde önemli düzeyde azalmı tır. Elde etti imiz sonuçlara göre, uygulanan yüksek kimyasal deri imlerinin bu day tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkilerinin oldu unu göstermi tir.

Kök ve gövde geli imi üzerine BPA ve TBBPA konsantrasyonlarının etkileri bazı çalı malarda belirlenmi tir. *Trifolium pratense*'de TBBPA uygulamasını izleyen

süreçte dikkate de er bir etki gözlenmemi tir ve TBBPA'nın *T. pratense*'nin kök ve gövde uzaması üzerine bir etkisi olmadı ı sonucuna varılmı tır (Sverdrup vd., 2006). Bununla birlikte, domatesin büyümesini negatif ekilde etkileyen BPA'nın, makarnalık bu dayda ve marulda ise muhtemelen hem hücre uzamasını hem de hücre bölünmesini engellendi i belirlenmi tir (Ferrara vd., 2006). Benzer ekilde, ara tırma bulgularımıza göre, her iki bu day çe idinin kök ve gövde geli imlerine BPA ile birlikte özellikle TBBPA'nın yüksek deri imlerinin negatif etkilerinin oldu u belirlenmi tir. Bu sonuçlar, çevresel atıklarda bulunabilen bu tür fenolik bile iklerin bitki geli imi üzerindeki olumsuz etkilerinin kimyasalın yapısına ve deri imine ba lı olarak etkilerinin olabilece ini göstermi tir. Tohum çimlenmesi ve kök uzunlu u esas alınarak yapılan vigor indekslerine göre, BPA ve TBBPA indeksleri kontrole göre azaltmı tır. Di er yandan uygulanan test kimyasalları kar ıla tırıldı nda ise TBBPA'nın BPA'ya göre daha olumsuz yönde etkiledi i ortaya çıkartılmı tır.

Hidrojen peroksit membranlardan kolaylıkla geçip hücreler üzerinde bazı fizyolojik rollere sahip olabilir, fakat e le memi elektrona sahip olmadı ndan radikal olarak adlandırılmaz. Bu nedenle reaktif oksijen türleri süperoksit gibi radikaller, ayrıca daha önce hidrojen peroksit gibi radikal olmayanlar için ortak olarak kullanılan bir terimdir (McCord, 1993). Serbest radikal, atomik ya da moleküler yapılarda e le memi bir veya daha fazla tek elektron ta ıyan moleküllere verilen isimdir. Ba ka moleküller ile çok kolayca elektron alı veri ine giren bu moleküllere oksidan moleküller veya reaktif oksijen partikülleri de denmektedir. Canlı hücrelerde bulunan protein, lipid, karbohidrat ve DNA gibi okside olabilecek maddelerin oksidasyonunu önleyen veya geciktirebilen maddelere de antioksidanlar ve bu olaya antioksidan savunma denir. Belirli bir düzeye kadar olabilen oksidan molekül artı ı yine bünyede daima belirli bir düzeyde bulunan do al antioksidanlar tarafından etkisiz hale getirilmektedir (Çavdar vd., 1997).

Stres faktörlerinin bitkilerde süperoksit radikal, alkoksil radikal, hidrojen peroksit ve hidroksil radikaller gibi ROT'ları katalizledikleri bilinmektedir. Bitkiler ROT'lar tarafından ba latılmı hasarın tamiri ve hafifletilmesi için kompleks antioksidan sistemler geli tirmi lerdir. Bu sistemin esas bile enlerini süperoksit dismutaz, katalaz, glutatyon peroksidaz, peroksidazlar ve glutatyon-askorbat döngüsünün

enzimleri olan askorbat peroksidaz, dehidroaskorbat redüktaz, monodehidroaskorbat redüktaz ve glutatyon redüktaz gibi enzimatik antioksidanlar ile askorbat, glutatyon, -tokoferol, fenolik bileşikler ve karotenoidler gibi enzimatik olmayan antioksidanları içerdiği bilinmektedir (Foyer vd., 1994; Noctor ve Foyer, 1998). Önceki çalışmalarda, BPA ve TBBPA'nın uyarılan ROT oluşması ile oksidatif strese yol açabildiği gösterilmiştir (Chitra vd., 2003; Shi vd., 2005; Sun vd., 2008). Hidrojen peroksit, O_2 'nin iki elektron indirgenmiş ürünüdür. Bu bileşik potansiyel bir reaktif oksijen türüdür ancak serbest radikal değildir. Etkinlik ve durumu bu day köklerinde BPA ve TBBPA uygulamasından sonra H_2O_2 üretimi tetiklenmiştir. H_2O_2 formasyonları, bununla birlikte, Sagittario köklerinin 50 mg/L TBBPA konsantrasyonu ve Zenitin 50 mg/L TBBPA konsantrasyonunda ise indirgenmiştir. Genellikle, H_2O_2 üretimi BPA ve TBBPA'nın yüksek konsantrasyonu tarafından inditli oksidatif stres yüzünden azaltılmıştır. H_2O_2 'nin katalaz ve peroksidaz (POD) gibi farklı reaksiyon mekanizmalarında oluşan çeşitli antioksidan enzimler tarafından yok edildiği bilinmektedir. Katalaz ortak substrat olmaksızın H_2O_2 'yi parçalayabilirken, POD H_2O_2 'yi etkisiz hale getirirken ortak substrat ihtiyacı duyar (Hegedüs vd., 2001). Elde edilen verilere bağlı olarak, uygulanan kimyasallar açık bir biçimde ROT üretimini artırmıştır. Buna rağmen, BPA ve TBBPA'nın ROT üretimi üzerindeki mekanizmaları ise hala açık değildir (Bindhumol vd., 2003). Bununla birlikte, BPA ve TBBPA etkisinde bu day çeşitlerinin kök ve gövdelerinde oluşan radikallerin temizleme aktivitelerinde değişimlerin olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, özellikle bu day köklerinin 50 mg/L BPA ve TBBPA etkisinde oluşan stresle birlikte meydana gelen radikallerin temizleme aktivitelerinde ciddi artışlar olmuştur.

Lipidler organik solventlerle çözünebilen karbon ve hidrojen zengin yağlar ve yağ benzeri maddelerin bir grubudur. Membran yapılarının yaklaşık % 40'ını oluştururlar ve bütünlüğünü sağlarlar. Membranların lipid kompozisyonu organellerin yapısı ve fonksiyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. (Harwood ve Russel, 1984). Membran lipidleri sık sık biyotik ve abiyotik stres koşulları altında kalitatif ve kantitatif olarak modifiye olurlar (Kuiper, 1985). Bunlar plazma membranları ve çeşitli hücre fosfolipidlerinin toplam ve oransal bolluğundaki değişimin yanı sıra yağ asitlerinin doymuluk düzeyindeki değişimleri de içerir. Ayrıca biyotik ve abiyotik streslerin lipidlerde peroksidasyona neden olduğu da bilinmektedir (Rama Devi ve Prasad,

2004). Lipid peroksidasyonu denildi inde lipidlerin oksidatif bozulması kastedilir. Bazı çalı malar, BPA ve TBBPA'nın lipid peroksidasyonuna neden oldu uyla ili kilidir (Bindhumol vd., 2003; Sun vd., 2008). Malondialdehit lipid peroksidasyonunun sıklıkla kullanılan indikatörlerinden biridir. Sun vd. (2008) *Ceratophyllum demersum*'da MDA içeri inin TBBPA uygulamasından sonra önemli ekilde arttı nı rapor etmi lerdir. Artan konsantrasyonlarda bu day çe itlerinin köklerinin MDA içeri inde artan BPA ve TBBPA ile birlikte bir artı bulunmu tur. Yapılan korelasyon analizlerine göre BPA deri imlerinin etkisindeki *Sagittario* köklerinin MDA içeri i ile H₂O₂ miktarı arasında pozitif ili kinin oldu u belirlenmi tir (r=0.722; p=0.004). Benzer ekilde TBBPA deri imlerinin etkisindeki *Sagittario* köklerinin MDA içeri i ile H₂O₂ miktarı arasında da pozitif önemli bir ili ki belirlenmi tir (r=0.556; p=0.03). Zenit köklerinin MDA içeri i ile H₂O₂ miktarları arasında BPA (r=0,892) ve TBBPA (r=0,875) arasında da pozitif ili ki belirlenmi tir (p<0.001). Bu day çe itlerinin gövdelerinin MDA içeri i de artan BPA ve TBBPA ile birlikte bir artı göstermi tir. istatistiksel analizlere göre, *Sagittario* gövdelerin MDA içeri i ile H₂O₂ miktarları BPA (r=0.644; p=0.012) ve TBBPA (r=0.755; p=0.002) arasında pozitif bir ili ki elde edilmi tir. Zenit gövdelerinin MDA içeri i ile H₂O₂ miktarları BPA (r=-0.332; p=0.146) ve TBBPA (r=-0.538; p=0.036) arasında da pozitif bir ili ki elde edilmi tir. Yapılan korelasyon analiz sonuçları da BPA ve TBBPA'nın bu day dokularında oksidatif strese neden oldu unu göstermi tir. Ayrıca, histokimyasal denemeler, bu day köklerinde lipid peroksidasyonuna neden olan BPA ve TBBPA'nın plazma zar lipidlerine oksidatif zararın de erlendirilmesi için yürütülmü tür. Di er yandan, kantitatif ve kalitatif olarak peroksidasyonun derecesi BPA ve TBBPA'nın 50 mg/L konsantrasyonunda net olarak belirlenmi tir. Yüksek BPA ve TBBPA konsantrasyonunun ROT üretimini tetiklemede bir potansiyel olabilece i ileri sürülmü tür. BPA ve TBBPA ile muamele edilen kökün hücre ölümüyle ili kili olarak büyümesinin geli ip geli meyece ini belirlemek için, Evans Blue alınımlı derecesi deneyi ile plazma zarı bütünlü ünün kaybı çalı ılmı tir. Köklerin plazma zarı bütünlü ü ile ili kili olarak Evans Blue ile boyanması BPA ve TBBPA'nın dü ük konsantrasyonlarda korundu unu gösterirken bütünlük her iki kimyasalın yüksek konsantrasyonunda ise kısmen bozuldu unu göstermi tir. Bu durum özellikle BPA için geçerli bir durum olarak ortaya çıkmı tir.

Bitkilerde bulunan SH gruplarını ba lıca monotiyoller (sistein ve glutatyon), fito elatinler ve metalotiyoneinler olu turmaktadır. Bitkilerde protein olmayan SH gruplarının ço unun glutatyonu ifade etti i belirtilmi tir (Grill vd., 1979). Köklerde protein olmayan SH gruplarının içeri i BPA ve TBBPA uygulamalarını takiben de i mi tir. Glutatyon ROT'ları yakalama yetene ine sahip bir antioksidan olarak önemli bir rol oynayan e siz bir tiyol içerikli tripeptitdir (Sun vd., 2008). Sagittario köklerinin BPA ve TBBPA etkisinde SH grup miktarları ile H₂O₂ miktarları arasında negatif ili ki bulunmu ken (BPA için r=-0,665; p=0,009, TBBPA için r=-0,434, p=0.079), Zenit köklerinde ise BPA etkisinde negatif (r=-0.348; p=0.134), TBBPA etkisinde ise pozitif ili kili oldu u belirlenmi tir (r=0.921; p<0.001). Sagittario gövdelerinin BPA ve TBBPA etkisinde SH grup miktarları ile H₂O₂ miktarları arasında önemsiz ili ki bulunmu tur (p>0.05). Bunun aksine Zenit gövdelerinde ise önemli ili kiler belirlenmi ti (BPA için r=0.698; p=0.006, TBBPA için r=0.663; p=0.009). Yukarıda bahsedildi i gibi, bu day kök ve sürgünlerinde H₂O₂ seviyesindeki artı oksidatif stresin olası bir sebebidir. SH gruplarındaki artı ise oksidatif stresle etkile ime giren adaptif bir mekanizma aracılıyla artabilir. Protein olmayan SH gruplarının aksine, kök ve sürgünlerdeki protein içeri i BPA ve TBBPA muamelesinden sonra azalmı tir. Yapılan korelasyon analizlerine göre BPA ve TBBPA etkisindeki bu day çe itlerinin kök ve gövde dokularında olu an H₂O₂ ile protein miktarları arasında negatif ili kiler belirlenmi tir. Bununla ili kili olarak, daha önce yapılan ara tırma sonuçları da ROT'lardan hidroksil radikalinin proteinlerin yıkımına neden oldu unu bildirmi lerdir (Halliwell, 1987). Elde edilen bulgular ve önceden rapor edilen çalı ma sonuçlarına göre, protein içeri indeki bu azalmaya her iki bu day çe idinin kök ve gövde dokularında BPA ve TBBPA tarafından uyarılmı oksidatif stresin bir sonucu olarak üretilen ROT'ların neden olabilece i sonucuna varılabilir.

Pestisitler, poliaromatik hidrokarbonlar, alkil fenoller, dioksinler, Tetrabromobisfenol A, Bisfenol A vb. gibi evsel, endüstriyel ve zirai kaynaklı birçok kimyasal madde insan ve hayvanlarda endokrin yıkıcı aktivite gösterebilmektedir. Tetrabromobisfenol A ve bisfenol A'nın üretim faaliyetleri ve atıklarla çevreye bula tırılıyor olmasının yanında, özellikle insan ba ta olmak üzere di er canlılardaki akümülyasyonu ve olası toksik etkileriyle ilgili ciddi çalı malar yapılmaktadır. Ancak endokrin bozucu bu kimyasalların bitkilerdeki etkileriyle ilgili sınırlı sayıda çalı ma

yapılmı tır. Yani yüksek bitkilerdeki fizyolojik etkileri tam olarak belirlenememi tir. Yapılan bu çalı ma ile Bisfenol A ve Tetrabromobisfenol A'nın yüksek bitkilerde meydana getirdi i bazı fizyolojik de i ikler belirlenmi tir. Bu çalı mada elde edilen sonuçlar BPA ve TBBPA'nın dü ük konsantrasyonlarında tohum çimlenmesinde önemli bir etkilerinin olmadığını göstermi tir. Bu varyetelerin kök ve gövde dokularında H₂O₂ ve lipid peroksidasyonundaki artışların tetiklenmi oksidatif stresten kaynaklandı ı göstermektedir. Artan üretim ve tüketim faaliyetleri sonucu çevresel sorunlar günümüzde hat safhaya ulaşmı tır. Bu çevre sorunları arasında sayılan ve henüz bitkiler üzerinde fazla çalı manın yapılmadı ı bu tür fenolik karakterli kimyasallarında da bitkiler üzerinde etkilerinin olduğu belirlenmi tir. BPA ve TBBPA'nın ve bunların parçalanma ürünlerinin bitki toksikolojisinde önemli rollerinden dolayı, elde edilen bulguların benzer çalı malara destek olacağı kanısındayız.

KAYNAKLAR

- Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D., 1973. Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigour in soybean seed. *Crop Science* **13**, 222-226.
- Berger, U., Herzke, D., Sandanger, T.M., 2004. Two trace analytical methods for determination of hydroxylated PCBs and other halogenated phenolic compounds in eggs from Norwegian birds of prey. *Anal. Chem.* **76**, 441-452.
- Bindhumol, V., Chitra, K.C., Mathur, P.P., 2003. Bisphenol A induces reactive oxygen species generation in the liver of male rats. *Toxicology* **188**, 117-124.
- Burits, M., Bucar, F. 2000. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotherapy Research*, **14**, 323-328.
- Cakmak, I., Marschner, H., 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiol.* **98**, 1222-1227.
- Chitra, K.C., Latchoumycandane, C., Mathu, P.P., 2003. Induction of oxidative stress by bisphenol A in the epididymal sperm of rats. *Toxicology* **185**, 119-127.
- Çavdar C, Sifil A, Çamsarı T, 1997. Reaktif oksijen partikülleri ve Antioksidan savunma, *Türk nefroloji ve transplantasyon dergisi*, 3-4, 92-95.
- de Wit, C.A., 2002. An overview of brominated flame retardants in the environment. *Chemosphere* **46**, 583-624.
- Environmental Protection Agency. 2005. Cross-species mode of action information assessment: a case study of bisphenol A. Govt Reports Announcements and Index, Issue 26, National Center for Environmental Assessment.
- European Commission. 2003. Risk assessment report of 4,4-isopropylidenediphenol (BISPHENOL-A). Italy.
- Fernandez M.F., Rivas A., Pulgar R., Olea N. 2001. Human exposure to endocrine disrupting chemicals: the case of bisphenols. In: Nicolopoulo-Stamati P, Hens L, Howard CV, editors. Endocrine disrupters. Environmental health and policies. Kluwer Academic Publishers 149-165.
- Ferrara, G., Loffredo, E., Senesi, N., 2006. Phytotoxic, clastogenic and bioaccumulation effects of the environmental endocrine disruptor bisphenol A in various crops grown hydroponically. *Planta* **223**, 910-916.

- Fukazawa, H, Hoshino, K, Shiozawa T, Matsushita H, Terao Y. 2001. Identification and quantification of chlorinated bisphenol A in wastewater from wastepaper recycling plants. *Chemosphere* **44**, 973–979.
- Foyer, C.H., M. Lelandais, K.J. Kunert, 1994. Photooxidative stress in plants. *Physiol. Plant.*, **92**, 696-717.
- Grill, D., Esterbauer, H., Klösch, U., 1979. Effect of sulphur dioxide on glutathione in leaves of plants. *Environ. Pollut.* **19**, 187-194.
- Gupta, M., Chandra, P., 1998. Bioaccumulation and toxicity of mercury in rooted-submerged macrophyte *Vallisneria spiralis*. *Environ. Pollut.* **103**, 327–332.
- Gustafsson, K, Wallen M. 1998. Status report on tetrabromobisphenol A (CAS no. 79-94-7). Clearing house Sweden. Solna, Sweden: National Chemicals Inspectorate.
- Halliwell, B., 1987. Oxidative damage, lipid peroxidation and antioxidant protection in chloroplasts. *Chem. Phys. Lipids* **44**, 327-340.
- Harwood, J.L. and Russel, N.J. 1984. *Lipids in Plants and Microbes*. Allen and Unwin, London.
- Hegedüs, A., Erdei, S., Horvath, G., 2001. Comparative studies of H₂O₂ detoxifying enzymes in green and greening barley seedling under cadmium stress. *Plant Sci.* **160**, 1085-1093.
- Heinonen, J., Honkanen, J. Kukkonen, J.V.K., Holopainen, I.J. 2002. “Bisphenol A Accumulation in the Freshwater Clam *Pisidium amnicum* at Low Temperatures”, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **43**, 50-55.
- <http://tr.wikipedia.org/>
- IPCS/WHO 1995. Environmental Health Criteria 172: Tetrabromobisphenol A and Derivatives. WHO, Geneva.
- Jakobsson, K., Thuresson, K., Rylander, L., et al., 2002. Exposure to polybrominated diphenyl ethers and tetrabromobisphenol A among computer technicians. *Chemosphere* **46**, 709–716.
- Kang, J.H., Katayama, Y., Kondo, F., 2006b. Biodegradation or metabolism of bisphenol A: From microorganisms to mammals. *Toxicology* **217**, 81-90.
- Kang, J.-H., Kondo, F., Katayama, Y. 2006a. Human exposure to bisphenol A. *Toxicology* **226**, 79–89.
- King, C.D., Rios, G.R., Green, M.D., Mackenzie, P.I., Tephly, T.R. 1997. Comparison of stably expressed rat UGT1.1 and UGT2B1 in the glucuronidation of opioid compounds. *Drug Metab. Dispos.* **25**, 251–255.

- Kuiper, P.J.C., 1985. Lipid Metabolism of Higher Plants as a Factor in Environmental Adaptation. In: Siegenthaler, P.A. and Eichenberger, W. (Eds) Structure, Function and Metabolism of Plant Lipids. Elsevier, Amsterdam, pp, 525-530.
- Lee, H.B., Peart, T.E., 2002. Organic contaminants in Canadian municipal sewage sludge: Part I. Toxic or endocrine-disrupting phenolic compounds. *Water Qual. Res. J. Can.* **37**, 681–694.
- Lee, S.M., Koo, B.W., Choi, J.W., Choi, D.H., An, B.S., Jeung, E.B. and Choi I.G., 2005. Degradation of bisphenol A by white rot fungi, *Stereum hirsutum* and *Heterobasidium insulare*, and reduction of its estrogenic activity. *Biol. Pharm. Bull.* **28**(2), 201-207.
- Li, Y., Zhou, Q., Li, F., Liu, X., Luo, Y., 2008. Effects of tetrabromobisphenol A as an emerging pollutant on wheat (*Triticum aestivum*) at biochemical levels. *Chemosphere* **74**, 119-124.
- Lindholm C, Wayne PM, Marriott P, Pederson SN, Bjerregaard P 2003. Metabolism of bisphenol A in zebrafish (*Danio rerio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to estrogenic response. *Comp. Biochem. Physiol. C* **135**, 169–177
- Loffredo E., Eliana Gattullo, C., Traversa, A. and Senesi N. 2010. Potential of various herbaceous species to remove the endocrine disruptor bisphenol A from aqueous media. *Chemosphere* **80**, 1274–1280.
- Lowry, O.H., Rosebrought, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **193**, 265-275.
- McCord J. Human disease, free radicals and the oxidant / antioxidant balance. *Clin Biochem* 1993; **26**: 351 - 357.
- Meerts, I.A.T.M., Letcher, R.J., Hoving, S., Marsh, G., Bergman, A., Lemmen, J.G., van der Burg, B., Brouwer, A., 2001. In vitro estrogenicity of polybrominated diphenyl ethers, hydroxylated PBDEs, and polybrominated bisphenol A compounds. *Environ. Health Perspect.* **109**, 399–407.
- Meerts, I.A.T.M., van Zanden, J.J., Luijckx, E.A.C., van Leeuwen-Bol, I., Marssch, G., Jakobsson, E., Bergman, A., Brouwer, A., 2000. Potent competitive interactions of some brominated flame retardants and related compounds with human transthyretin in vitro. *Toxicol. Sci.* **56**, 95–104.
- Nakajima N., Ohshima Y., Serizawa S., Kouda T., Edmonds J., Shiraishi F., Aono M., Kubo A., Tamaoki M., Saji H. and Morita M. 2002. Processing of Bisphenol A by Plant Tissues: Glucosylation by Cultured BY-2 Cells and Glucosylation/Translocation by Plants of *Nicotiana tabacum*. *Plant and Cell Physiology* **43**, 1036-1042.

- Noctor, G., C.H. Foyer, 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, **49**, 249-279.
- Parkpian, P., Leong, S.T., Laortanakul, P., Juntaramitree, J., 2002. An environmentally sound method for disposal of both ash and sludge wastes by mixing with soil: A case study of Bangkok plain. *Environ. Monit. Assess.* **74**, 27-43.
- Paxeus, N., Robinson, P., Balmer, P., 1992. Study of Organic Pollutants in Municipal Wastewater in Gotenberg, Sweden. *Water Sci. Technol.*, **25**, 249-256.
- Pompella, A., Maellaro, E., Casini, A.F., Comporti, M., 1987. Histochemical detection of lipid peroxidation in the liver of bromobenzene-poisoned mice. *Am. J. Pathol.* **129**, 295-301.
- Rama Devi, S. and Prasad, M.N.V., 2004. Membrane Lipid alterations in Heavy Metal Exposed Plant. In: Prasad, M.N.V. and Hagemeyer, J. (Eds.) Heavy Metal Stress in Plants, From Molecules to Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, 99-116.
- Sagisaka, S., 1976. The occurrence of peroxide in a perennial plant *Populus gelrica*. *Plant Physiol.* **57**, 308-309.
- Saiyod S., Vangnai A.S., Thiravetyan P. and Inthorn D. 2010. Bisphenol A removal by the *Dracaena* plant and the role of plant-associating bacteria. *J. Hazard Mater.* **78**(1-3), 777-185.
- Schmidt B. and Schuphan I. 2002. Metabolism of the environmental estrogen bisphenol A by plant cell suspension cultures. *Chemosphere* **49**, 51-59.
- Sellstrom, U., Jansson, B., 1995. Analysis of tetrabromobisphenol A in a product and environmental samples. *Chemosphere* **31**, 3085–3092.
- Shi, H.H., Wang, X.R., Luo, Y., Su, Y., 2005. Electron paramagnetic resonance evidence of hydroxyl radical generation and oxidative damage induced by tetrabromobisphenol A in *Carassius auratus*. *Aquat. Toxicol.* **74**, 365-371.
- Sjodin, A., Carlsson, H., Thuresson, K., Sjodin, S., Bergman, A., Ostman, C., 2001. Flame retardants in indoor air at an electronics recycling plant and at other work environments. *Environ. Sci. Technol.* **35**, 448–454.
- Speranza A., Crosti, P., Malerba, M., Stocchi, O., Scoccianti V. 2010. The environmental endocrine disruptor, bisphenol A, affects germination, elicits stress response and alters steroid hormone production in kiwifruit pollen. *Plant Biol.* 1-9.
- Staples, C.A., Dome, P.B., Klecka, G.M., Oblock, S.T., Haris, L.R., 1998 A review of the environmental fate, effects, and exposures of bisphenol A. *Chemosphere* **36**, 2149-2173.

- Suga, T., Hirata, T., 1990. Biotransformation of exogenous substrates by plant cell cultures. *Phytochemistry* **29**, 2393-2406.
- Sun, Y., Guo, H., Yu, H., Wang, X., Wu, J., Xue, Y., 2008. Bioaccumulation and physiological effects of tetrabromobisphenol A in coontail *Ceratophyllum demersum* L. *Chemosphere* **70**, 1787-1795.
- Sverdrup, L.E., Hartnik, T., Mariussen, E., Jensen, J., 2006. Toxicity of three halogenated flame retardants to nitrifying bacteria, red clover (*Trifolium pratense*) and a soil invertebrate (*Enchytraeus crypticus*). *Chemosphere* **64**, 96-103.
- Tephly, T.R., Burchell, B. 1990. UDP-glucuronosyltransferases: A family of detoxifying enzymes. *Trends Pharmacol. Sci.* **11**, 276– 279.
- Thomsen, C., Leknes, H., Lundanes, E., Becher, G., 2002a. A new method for determination of halogenated flame retardants in human milk using solid-phase extraction. *J. Anal. Toxicol.* **26**, 129–137.
- Toppari, J., Larsen, J., Christiansen, P., Giwercman, A., Grandjean, P., Guillette Jr, L., Jegou, B., Jensen, T., Jouannet, P., Keiding, N., Leffers, H., Mclachlan, J., Meyer, O., Muller, J., Rajpert-De-Meyts, E., Scheike, T., Sharpe, R., Sumpter, J., Skakkebaek, N., 1996. Male Reproductive Health and Environmental Xenoestrogens. *Environ. Health Perspec.*, **104**, 741-803.
- Toyama T., Sato, Y., Inoue, D., Sei, K., Chang, Y.-C., Kikuchi S. and Ike M. 2009. Biodegradation of bisphenol A and bisphenol F in the rhizosphere sediment of *Phragmites australis*. *Journal of Bioscience and Bioengineering* . **108**, 147-150.
- Watanabe, I., Kashimoto, T., Tatsukawa, R., 1983. The flame retardant tetrabromobisphenol A and its metabolite found in river and marine sediments in Japan. *Chemosphere* **12**, 1533–1539.
- Welshons W.V., Nagel S.C., vomSaal F.S. 2006. Large effects from small exposures III. Endocrine mechanisms mediating effects of bisphenol A at levels of human exposure. *Endocrinology* **147**, 56–69.
- Wenzel, A., Muler, J., Ternes, T., 2003. Study on Endocrine Disrupters in Drinking Water Final Report, Schmallingenberg and Wiesbaden Env.
- World Wildlife Fund (WWF). 2000. Bisphenol A: a known endocrine disruptor. Surrey, UK.
- Yamamoto, Y., Kobayashi, Y., Matsumoto, H., 2001. Lipid peroxidation is an early symptom triggered by aluminum, but not the primary cause of elongation inhibition in pea roots. *Plant Physiol.* **125**, 199-208.
- Zafra A, del Olmo M, Suarez B, Hontoria E, Navalon A, Vilchez JL. 2003. Gas chromatographic–mass spectrometric method for the determination of

bisphenol-A and its chlorinated derivatives in urban wastewater. *Water Res.* **37**, 735–742.

Zhou, Q., 2001. The measurement of malondialdehyde in plants. In: Zhou Q. (Ed.): *Methods in Plant Physiology*. China Agricultural Press, Beijing: pp