T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOMPOST UYGULAMASI YAPILAN TOPRAKLARIN ve BU TOPRAKLARDA YETİŞTİRİLEN BİTKİLERİN PERFLORLU BİLEŞİK İÇERİKLERİNİN SAPTANMASI

BURCU ÇEVİK

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
AĞUSTOS - 2020

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOMPOST UYGULAMASI YAPILAN TOPRAKLARIN ve BU TOPRAKLARDA YETİŞTİRİLEN BİTKİLERİN PERFLORLU BİLEŞİK İÇERİKLERİNİN SAPTANMASI

BURCU ÇEVİK
ORCID: 0000-0003-4242-0989

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Prof.Dr. Şana SUNGUR
ORCID: 0000-0001-7370-8972

HATAY
AĞUSTOS - 2020

T.C.

HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOMPOST UYGULAMASI YAPILAN TOPRAKLARIN ve BU TOPRAKLARDA YETİŞTİRİLEN BİTKİLERİN PERFLORLU BİLEŞİK İÇERİKLERİNİN SAPTANMASI

BURCU ÇEVİK

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Şana SUNGUR danışmanlığında hazırlanan bu tez 07/08/2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Şana SUNGUR
Başkan

Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN
Üye

Dr.Öğretim Üyesi ZEKİ AYDIN
Üye

Kod No:

Doç. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 18.M.083

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

07/08/2020

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Burcu ÇEVİK

ÖZET

KOMPOST UYGULAMASI YAPILAN TOPRAKLARIN ve BU TOPRAKLARDA YETİŞTİRİLEN BİTKİLERİN PERFLORLU BİLEŞİK İÇERİKLERİNİN SAPTANMASI

Çöplerin geniş alanlara yayılmasını önlemek amacıyla, biyolojik atıklar kompostlara dönüştürülmekte ve gübre amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Bu uygulamalar sırasında, kompostların içinde kalan perflorlu bileşikler tarımsal alanların kirlenmesine neden olmaktadır. Bu bileşikler besin zinciri yoluyla taşındıklarından önce bu topraklarda yetişen bitkilere, ardından da hayvanlara ve insanlara geçebilmektedir. Bu çalışmada, öncelikle beş farklı kompostun perflorooktanoik asit (PFOA) ve perflorooktan sülfonik asit (PFOS) içerikleri belirlenmiştir. Ortalama PFOA ve PFOS konsantrasyonları sırasıyla 26.1–102.0 μg g^{-1} ve 0.211–0.649 μg g^{-1} arasında bulunmuştur. Sonra kompost eklenen topraklara buğday ve mısır ekilmiştir. Ardından buğday ve mısırların saplarına, yapraklarına ve tanelerine geçen PFOA ve PFOS miktarları LC-MS/MS aracılığıyla belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, bitkilere toplam perflorlu bileşik geçişinin sap > yaprak > tane şeklinde gerçekleştiğini göstermiştir. Ayrıca, perflorlu bileşiklerin, bitkilerin klorofil ve çözünür protein sentezi üzerine etkileri araştırılmıştır. PFOA ve PFOS konsantrasyonlarının artması ile klorofil ve çözünür protein sentezinde azalma gözlenmiştir.

2020, 66 sayfa

Anahtar Kelimeler: Perflorlu bileşikler, PFOA, PFOS, kompost, toprak

ABSTRACT

DETERMINATION OF PERFLORATED COMPOUND CONTENTS OF BIOSOLIDS-AMENDED SOILS and PLANTS GROWN IN THESE SOILS

Biological wastes are converted into composts and are often used for fertiliser purposes to prevent spreading of waste to large areas. During these applications, perfluorinated compounds remaining in compost cause pollution of agricultural areas. Since these compounds are transported through the food chain, they can first be passed on to the plants growing on these soils, then to animals and humans. In this study, firstly, perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulphonic acid (PFOS) levels were determined in five different composts. Mean PFOA and PFOS concentrations were between 26.1–102.0 μg g^{-1} and 0.211–0.649 μg g^{-1}, respectively. After sowing wheat and corn, compost was applied. The amount of PFOA and PFOS that passed to the stalks, leaves, and grains of wheat and corn was determined by LC-MS/MS. Obtained results showed that the total perfluorinated compounds migration decreased as follows: stalk>leaf>grain. Furthermore, the effects of PFOA and PFOS on chlorophyll concentration and soluble protein were examined. A decrease in chlorophyll formation and soluble protein content was observed with increasing PFOA and PFOS concentrations.

2020, 66 pages

Key Words: Perfluorinated compounds, PFOA, PFOS, biosolid, soil

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda bana tüm bilgi ve birikimini en doğru şekilde aktaran Danışman Hocam Prof.Dr. Şana SUNGUR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Numunelerin hazırlık aşamasında yardımcı olan Öğretim Görevlisi Dr. Muaz KÖROĞLU' na teşekkür ederim.

Numunelerin ekilmesi ve toplanması aşamasında tecrübelerinden yararlandığım her konuda desteğini esirgemeyen ve sabırla bana yardımcı olan canım babam İsmet ÇEVİK' e teşekkür ederim.

Son olarak bu zorlu ve uzun süreçte hep yanımda olan ve destekleyen Annem Özgül ÇEVİK'e , Abim Burak ÇEVİK'e, Kız Kardeşim Melisa ÇEVİK'e , Teyzem Neşe HÜNER CÜCÜL'e ve Mehmet DOĞAN'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ IX
1. GİRİŞ 1
1.1. Perflorlu Bileşikler 1
1.1.1. Perflorooktanoik Asit (PFOA) 3
1.1.2. Perflorooktan Sülfonik Asit (PFOS) 3
1.1.3. PFOA ve PFOS'a Maruziyet ve Canlılar Üzerindeki Etkileri 4
1.1.4. PFOA ve PFOS için Yasal Sınır Değerleri 7
1.2. Kompost 7
1.2.1. Kompost Oluşumunun Biyolojik Süreci 8
1.2.2. Kompost Üretim Aşamaları 9
1.2.3. Kompost İle İlgili Dünyada Uygulanan Standartlar 11
1.2.3.1 Süreç Kontrolü İle İlgili Standartlar 11
1.2.3.2 Ürün Kalitesi İle İlgili Standartlar 11
1.2.4. Kompost İle İlgili Türkiye'de Uygulanan Standartlar 12
1.2.5. Ülkemizdeki Uygulamalar 16
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 17
3. MATERYAL ve YÖNTEM 21
3.1. Materyal 21
3.1.1. Kullanılan Kimyasallar 21
3.1.2. Kullanılan Cihazlar 21
3.2. Yöntem 22
3.2.1. Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması 22
3.2.2. Toprak Analizleri 23
3.2.3. Buğday ve mısır örneklerinin ekilmesi 23
3.2.4. Toprak ve Bitki Örneklerindeki Perflorlu Bileşiklerin Belirlenmesi 24
3.2.5. LC/MS/MS Analizleri 24
3.2.6. Klorofil Tayini 24
3.2.7. Çözünür Protein Tayini 25
3.2.8. Kalite Kontrol Parametreleri 25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 27
4.1. LC-MS/MS Cihazının Kalibrasyon Grafiğinin Oluşturulması ve Gözlenebilme Sınırı, Belirlenebilme Sınırı ve Geri Kazanım Yüzdelerinin Belirlenmesi 27
4.2. Kompost Örneklerinin PFOA ve PFOS İçerikleri 29
4.3. Klorofil a, Klorofil b ve Çözünür Protein için Kalibrasyon Doğrularının Oluşturulması 30
4.4. Kompost Uygulaması Yapılan topraklarda yetişen buğday örneklerinin sap, yaprak ve tanelerine geçen PFOA ve PFOS miktarları 31
4.5. Perflorlu bileşiklerin, buğdayların klorofil ve çözünür protein sentezi üzerine etkileri 40

4.6. Kompost uygulaması yapılan topraklarda yetişen mısır örneklerinin sap, yaprak ve tanelerine geçen PFOA ve PFOS miktarları 42
4.7. Perflorlu bileşiklerin, mısırların klorofil ve çözünür protein sentezi üzerine etkileri 51
Çizelge 4.8. Perflorlu Bileşiklerin, Mısır Örneklerinin Klorofil A Düzeyleri Üzerine Etkisi 52
4.8. Buğday ve mısır örneklerinin biyobirikim ve transfer faktörleri 53
5. SONUÇ ve ÖNERİLER 59
KAYNAKLAR 61
ÖZGEÇMİŞ 66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 PFOA ve PFOS için yasal sinir değerleri (EFSA, 2008; US EPA, 2016) 7
Çizelge 1.2 AB ülkelerinde kompost için uygulanan ağir metal limitleri (mg/kg kuru madde) (İSTAÇ, 2015) 11
Çizelge 1.3. Kompost içinde bulunabilecek organik kirleticiler için limit değerler (İSTAÇ, 2015) 12
Çizelge 1.4.Ağır metal sınır değerleri 14
Çizelge 1.5. Organik toprak düzenleyiciler için öngörülen şartlar (TKİB, 2010; Ek-IVA) 14
Çizelge 1.6. Topraktaki ağır metal sınır değerleri (Ek I-A) 15
Çizelge 1.7. Toprakta kullanılabilecek stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları (Ek I-B) 15
Çizelge 1.8. Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurundaki organik bileşiklerin konsantrasyonlarının ve dioksinlerin sınır değerleri (Ek I-C) 15
Çizelge 1.9. Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü sınır değerleri (Ek I-E) 16
Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan kimyasal maddeler 21
Çizelge 3.2. Deneylerde kullanılan cihazlar 22
Çizelge 3.3. Toprak analiz sonuçları 23
Çizelge 4.1.. PFOA ve PFOS için LOD, LOQ, Korelasyon Katsayısı, Geri Kazanım Değerleri 29
Çizelge 4.2. Kompost örneklerinin ve toprağın PFOA ve PFOS içerikleri 30
Çizelge 4.3.Buğday Örneklerinin PFOA ve PFOS İçerikleri 32
Çizelge 4.4. Perflorlu Bileşiklerin, Buğday Örneklerinin Klorofil A Düzeyleri Üzerine Etkisi 41
Çizelge 4.5. Perflorlu Bileşiklerin, Buğday Örneklerinin Klorofil B Düzeyleri Üzerine Etkisi 41
Çizelge 4.6. Perflorlu Bileşiklerin, Buğday Örneklerinin Çözünür Protein Sentezi Üzerine Etkisi 42
Çizelge 4.7. Mısır Örneklerinin PFOA ve PFOS İçerikleri 43
Çizelge 4.8. Perflorlu Bileşiklerin, Mısır Örneklerinin Klorofil A Düzeyleri Üzerine Etkisi 52
Çizelge 4.9. Perflorlu Bileşiklerin, Mısır Örneklerinin Klorofil B Düzeyleri Üzerine Etkisi 52
Çizelge 4.10. Perflorlu Bileşiklerin, Mısır Örneklerinin Çözünür Protein Sentezi Üzerine Etkisi 53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Perflorlu bileşiklerin yapısı 2
Şekil 4.1. PFOS'a ait 0.001 – 0.011 µg mL^{-1} aralığındaki kalibrasyon eğrisi 27
Şekil 4.2 PFOS'a ait 0.01 – 1 µg mL^{-1} aralığındaki kalibrasyon eğrisi 27
Şekil 4.3. PFOA'a ait 0.05 – 5 µg mL^{-1} aralığındaki kalibrasyon eğrisi 28
Şekil 4.4. PFOA'a ait 10 – 110 µg mL^{-1} aralığındaki kalibrasyon eğrisi 28
Şekil 4.5 0.1 µg mL^{-1} PFOS standart çözeltisine ait kromatogram 29
Şekil 4.6 0.1 µg mL^{-1} PFOA standart çözeltisine ait kromatogram 29
Şekil 4.7. Klorofil a'nın kalibrasyon doğrusu 30
Şekil 4.8. Klorofil b'nin kalibrasyon doğrusu 31
Şekil 4.9 Çözünür protein tayini için kalibrasyon doğrusu 31
Şekil 4.10. $Kompost_1$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 34
Şekil 4.11 $Kompost_2$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 34
Şekil 4.12 $Kompost_3$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 35
Şekil 4.13 $Kompost_4$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 35
Şekil 4.14. $Kompost_5$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 36
Şekil 4.15 Kompost uygulaması yapılmamış toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 36
Şekil 4.16 $Kompost_1$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi 37
Şekil 4.17 $Kompost_2$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi 37
Şekil 4.18. $Kompost_3$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi 38
Şekil 4.19 $Kompost_4$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi 38
Şekil 4.20. $Kompost_5$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi 39
Şekil 4.21 Kompost uygulaması yapılmamış toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi 39
Şekil 4.22 $Kompost_1$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 45
Şekil 4.23 $Kompost_2$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 45
Şekil 4.24 $Kompost_3$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 46
Şekil 4.25 $Kompost_4$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 46
Şekil 4.26 $Kompost_5$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 47
Şekil 4.27 Kompost uygulaması yapılmamış toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi 47

Şekil 4.28 Kompost$_1$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi....48
Şekil 4.29 Kompost$_2$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi....48
Şekil 4.30 Kompost$_3$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi....49
Şekil 4.31 Kompost$_4$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi....49
Şekil 4.32. Kompost$_5$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi....50
Şekil 4.33 Buğday tanesine ait biyobirikim faktörleri....54
Şekil 4.34. Buğday yaprağına ait biyobirikim faktörleri....54
Şekil 4.35. Buğday sapına ait biyobirikim faktörleri....55
Şekil 4.36. Mısır tanesine ait biyobirikim faktörleri....55
Şekil 4.37 Mısır yaprağına ait biyobirikim faktörleri....56
Şekil 4.38 Mısır sapına ait biyobirikim faktörleri....56
Şekil 4.39 Buğdaya ait transfer faktörleri....57
Şekil 4.40 Mısıra ait transfer faktörleri....57

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

ATSDR : Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı

PFOA : Perflorooktanoik Asit

PFOS : Perflorooktansülfonik Asit

LC-MS/MS : Sıvı Kromatografisi – Kütle – Kütle Spektrometresi

LOD : Gözlenebilme sınırı

LOQ : Tayin Sınırı

PTFE : Politetrafloroetilen

EPA : Çevre Koruma Ajans

EFSA : Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu

Pp : Polipropilen

KKA : Kentsel Katı Atık

RCF : Kök Konsantrasyon Faktörünü

FRCF : Bitki/kök Konsantrasyon Faktörünü

TSCF : Terleme Konsantrasyon Faktörünü

TBA : Tetrabütilamonyum

IARC : Uluslararası Kanser Araştırma Ajansının

KAKY : Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

ÇŞB : Çevre Şehircilik Bakanlığı

AOX : Adsorblanabilen Organik Halojenler

LAS : Lineer Alkilbenzin Sülfonat

DEHP : Diftalat(2-ethylhexyl)

PAH : Polisiklik Aromatik Hidrokarbon

PCDD/F : Poliklorlu Dibenzodioksin/Dibenzofuranlar

1. GİRİŞ

Gerek PFOA'in gerekse PFOS'un biyolojik birikme faktörleri göz önüne alındığında, insanlarda ve çevrede birikme olasılıklarının yüksek olduğu görülmektedir. PFOA'in insan vücudundan atılması için 4 yıl, PFOS'un atılması için ise 9 yıl gerekmektedir. Çevrede bozunmadan PFOS 41 yıl, PFOA ise 92 yıl kalabilmektedir. Perflorlu bileşiklere maruziyetin ana kaynağı kontamine olmuş gıdalar olup, bu bileşikler canlıların vücutlarına besin zinciri yoluyla taşınmaktadır. Çöplerin geniş alanlara yayılmasını önlemek amacıyla, biyolojik atıklar komposta dönüştürülmekte ve gübre amacıyla sıklıkla kullanılmaktadırlar. Yapılan çalışmalar, perflorlu bileşiklerin kompostlardan toprağa 0.17-317 μg/g aralığında geçebildiğini göstermiştir (Washington ve ark., 2010). Yine, bu bileşiklerin topraktan mısır, çimen, buğday, arpa, yulaf, çayır otu gibi bitkilere geçtiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Stahl ve ark., 2009; Yoo ve ark., 2011; Renner, 2008). Perflorlu bileşikler besin zinciri yoluyla taşındığından, bu bitkileri yiyen hayvanlara, ardından da bu hayvanları ya da ürünlerini yiyen insanlara geçiş söz konusu olmaktadır.

Bu proje kapsamında, öncelikle kompostların kullanıldığı topraklardan örnekler alınarak, PFOA ve PFOS içerikleri belirlendi. Daha sonra bu topraklara buğday ve mısır ekilerek, hem buğday ve mısırın sapına, yaprağına, tanesine geçen PFOA ve PFOS miktarları belirlendi, hem de geçişin maruziyet miktarına, süresine ve ürünün cinsine bağlı olarak nasıl değiştiği incelendi. Ayrıca, perflorlu bileşiklerin, bitkilerin klorofil ve çözünür protein sentezi üzerine etkileri araştırıldı. Elde edilen sonuçlar toplumumuzla paylaşılarak bu konuda bilinçlendirme hedeflenmektedir. Ayrıca, sonuçlar uluslararası etki faktörü yüksek bir dergide yayınlanarak, literatüre kazandırılmıştır.

1.1. Perflorlu Bileşikler

Perflorlu bileşikler, sentetik florlanmış kimyasalların geniş bir sınıfını oluştururlar. Havacılık, otomotiv, inşaat, imalat, elektronik, tekstil gibi çok çeşitli endüstriyel sektörlerde geniş uygulama alanlarına sahiptirler. Perflorlu bileşikler, 1940'lardan beri giyim, döşeme, kâğıt, halı gibi ürünlerde yağ ve su itici amaçlarla kullanılmaktadırlar. Ayrıca, bu bileşikler yapışmaz tavalarda kullanılan

floropolimerlerin yapımında da kullanılmaktadırlar. Perflorlu bileşiklerin çevrede en çok bulunan ve üzerinde en fazla çalışma yapılan üyeleri perflorooktanoik asit (PFOA) ve perfloroktan sülfonik asit (PFOS)'dur.

Perflorlu bileşikler 3 ana kısımdan oluşurlar (Şekil 1.1).

1. Yüksek miktarda flor içeren hidrofobik bir kuyruk
2. Hidrofilik bir grup
3. İki grubu birleştiren organik ara bir grup

Florlanmış Kuyruk	Ara Organik Grup	Hidrofilik Grup

Şekil 1.1. Perflorlu bileşiklerin yapısı

Hidrofilik grup sülfonat, sülfat, karboksilat, fosfat gibi anyonik bir grup, kuarterner amonyum gibi katyonik bir grup, polietilen glikol, akrilamit oligomer gibi iyonik olmayan bir grup, betain ve sülfobetain gibi amfoterik bir grup olabilir. Hidrofobik kuyruk ya perfloroalkil $F(CF2)_n$- ya da perfloropolieter $(RFO)_n(RFO)_m$- grupları olabilir.

Perflorlu bileşikler suya ve yağa karşı itici özellik gösterirler. Florlu yüzey aktif maddeler, diğer yüzey aktif maddelere göre üstün özelliklere sahiptirler. Yüzey aktiviteleri hem sulu hem organik sistemlerde etkindir. Ayrıca, hem bazik hem asidik sulu ortamlarda etkilidirler. Kimyasal ve termal açıdan kararlıdırlar. Yapılarındaki uzun florlanmış hidrofobik zincirden dolayı sudaki çözünürlükleri çok azdır. Yüzey gerilimleri diğer yüzey aktif maddelere göre daha düşük olduğu için çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanırlar. Yapılarında bulunan polar karbon-flor bağları doğadaki en kuvvetli bağdır (110 kcal/mol). Yine flor en elektronegatif elementtir (Pauling skalasına göre 4 tür). Bu bağ perflorlu bileşiklere kimyasal ve biyokimyasal ataklara karşı direnç, hidrolize, fotolize, asitlere, bazlara, biyodegradasyona karşı kararlılık kazandırır. Bu yüzden, bu bileşikler doğada çok geç bozulduğundan kalıcı organik kirleticiler sınıfına girerler (Cheremisinoff, 2016).

1.1.1. Perflorooktanoik Asit (PFOA)

Perflorokarboksilik asitler grubunun bir üyesi olan PFOA, 8 karbonlu sentetik bir bileşiktir. Kapalı kimyasal formülü $CF_3(CF_2)_6COOH$'dır. Normal şartlar altında beyaz toz görünümünde olup, molekül ağırlığı 414 g/mol'dür. 25 ºC'deki buhar basıncı 0.525 mmHg'dır. Sudaki çözünürlüğü 25 ºC'de 9.5 g/L'dir. Donma noktası 54 ºC, kaynama noktası ise 192 ºC'dir. Yarılanma ömrü atmosferde 90 gün, suda ise 92 yıldır (ATSDR 2015; EFSA 2008). PFOA'nın tarihsel kullanım alanları aşağıda verilmiştir:

- ✓ Kumaşlarda ve deride su ve yağ itici olarak ve yağlı kâğıt ve döşeme cilalarının üretiminde kullanımı
- ✓ Elektrik tellerinde yalıtkan olarak kullanımı
- ✓ Erimiş silikanın işlenmesinde kullanımı
- ✓ Yangın köpüklerinde kullanımı
- ✓ Leke tutmaz, UV geçirmez kumaşlarda kullanımı
- ✓ Floroakrilik esterlerin üretiminde reaktif ara ürün olarak kullanımı
- ✓ Politetrafloroetilen (PTFE veya Teflon), poliviniliden florür, floroelastomer gibi floropolimerlerin emülsiyon polimerizasyonunda emülgatör olarak kullanımı
- ✓ Nefes alabilen ve aynı zamanda su geçirmeyen (Gore-Tex) kumaşların üretiminde kullanımı
- ✓ Elektronik ürünlerde kullanımı (Cheremisinoff, 2016).

1.1.2. Perflorooktan Sülfonik Asit (PFOS)

Perfloroalkan sülfonik asitlerin en önemli üyesidir. Kapalı kimyasal formülü $C_8HF_{17}O_3S$'dir. Normal şartlar altında beyaz toz görünümünde olup, molekül ağırlığı 500 g/mol'dür. 25 ºC'deki buhar basıncı 0.002 mmHg'dır. Sudaki çözünürlüğü 25 ºC'de 680 mg/L'dir. Kaynama noktası 258 ºC'dir. Yarılanma ömrü atmosferde 114 gün, suda ise 41 yıldır (ATSDR 2015; EFSA 2008). PFOS'un tarihsel kullanım alanları aşağıda verilmiştir:

- ✓ Su geçirmeyen, leke tutmayan kumaşlarda kullanımı
- ✓ Yangın köpüklerinde kullanımı
- ✓ Tekstil, kâğıt ve deri sektörlerinde emdirilme ajanı olarak kullanımı
- ✓ Mum, cila, boya, vernik ve temizlik ürünlerinde kullanımı
- ✓ Metal yüzeylerde ve halılarda kullanımı
- ✓ Yarı iletken endüstrisinde kullanımı
- ✓ Havacılıkta kullanılan hidrolik sıvılarda kullanımı
- ✓ Duman gidericilerde yüzey aktif madde olarak kullanımı (Cheremisinoff, 2016).

1.1.3. PFOA ve PFOS'a Maruziyet ve Canlılar Üzerindeki Etkileri

PFOA ve PFOS'a maruziyetin en önemli kaynağı, kontamine olmuş yiyecekler ve içme sularıdır. Maruziyet, gıdanın tipine, coğrafik konumuna ve gıdanın tüketim şekline bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Ullah, 2013). Bunun yanı sıra, iç ve dış mekânlardaki tozların, sprey damlacıklarının yutulmasıyla, halı ve döşemelere dokunma sonucunda, leke tutmayan, su geçirmeyen kumaşlardan yapılan kıyafetlerin kullanılmasıyla da perflorlu bileşiklere maruziyet söz konusu olmaktadır. Yapılan çalışmalar, perflorooktanoik aside insanların günde 2.9 µg/kg vücut ağırlığı kadar maruz kalabildiklerini göstermiştir. Tüketilen tahıllar ve balıklar PFOA alımının başlıca kaynaklarıdır. Perflorooktansülfonik aside ise, insanlar günde 1.4 µg/kg vücut ağırlığı kadar maruz kalabilmektedirler. Tüketilen balıklar ve deniz ürünleri PFOS alımının başlıca kaynaklarıdır. Bu bileşiklerin insan vücudundan atılımı da kolay olmamakta ve PFOA'in atılması için 4 yıl, PFOS'un atılması için ise 9 yıl gerekmektedir. PFOA ve PFOS oral maruziyetten sonra kolayca absorblanmakta ve karaciğer, böbrek ve kanda hatta merkezi sinir sisteminde dahi birikebilmektedir (Larsen ve Giovalle, 2015).

PFOA ve PFOS, balık (Paiano ve ark., 2012; Squadrone ve ark., 2014; Vassiliadou ve ark., 2015; Sungur ve ark., 2018), deniz ürünleri (Domingo ve ark., 2012; Carlsson ve ark., 2014; Munschy ve ark., 2015), et (Zhang ve ark., 2010; Hlouskova ve ark., 2013; Perez ve ark., 2014; Sungur ve ark., 2018), tahıl (Vestergren ve ark., 2012; D'Hollander ve ark., 2015; Ciccotelli ve ark., 2016), içme suyu (Zafeiraki ve ark., 2015; Castiglioni ve ark., 2015; Schwanz ve ark., 2016), süt (Young ve ark.,

2012; Eriksson ve ark., 2013; Barbarossa ve ark., 2014), yumurta (D'Hollander ve ark., 2011; Zafeiraki ve ark., 2016; Liu ve ark., 2016), sebze ve meyve (Herzke ve ark., 2013; Blaine ve ark., 2014; Heo ve ark., 2014), çay (Haug ve ark., 2010; Zheng ve ark., 2014) gibi birçok gıdada tespit edilmiştir.

Perflorlu bileşikler insan sağlığı üzerinde birçok olumsuz etkiye sahiptir. Epidemiyolojik çalışmalar, PFOA' nın prostat, mesane, böbrek ve testis kanseri riskini arttırdığını göstermektedir. 2006 yılında Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından muhtemel karsinojen olarak sınıflandırılmıştır. 2008 yılında Uluslararası Kanser Araştırma Ajansının (IARC) raporu neticesinde, gelecekte incelenmesi gereken yüksek önceliğe sahip bileşikler listesine alınmıştır. Perflorooktanoik asit ile yapılan üreme sistemi ve gelişimsel toksisite çalışmalarında ise, bu bileşiğin sperm sayısı ve doğum ağırlığında azalmaya, hamile kalma süresinde uzamaya neden olduğu belirlenmiştir. Doğum öncesi PFOA maruziyetinin, erişkinlikte bel çevresi kalınlığında artışa neden olarak obezite riskini arttırdığı bildirilmiştir. PFOA, obezojen olarak sınıflandırılmaktadır (Endirlik ve Gürbay, 2013). Kemirgenler üzerinde yapılan çalışmalarda, hamilelik dönemindeki PFOS maruziyeti, vücut ağırlığı artışında azalmaya ve su ve yiyecek alımında azalmanın yanı sıra fetüs gelişiminde etkiye sebep olmuştur. Ayrıca gebe ratlarda düşük dozlarda PFOS verilmesinin olumsuz etkileri saptanmıştır. Gelişim toksikolojisi çalışmalarında yarık damak oluşumunu indüklediği, kardiyak anomalisine sebep olduğu ve iskelet ossifikasyonunu geciktirdiği tespit edilmiştir (Ateş ve Çelik, 2008).

Diğer taraftan, perflorlu bileşiklerin kalıcı organik kirletici olarak ekosistem içerisinde birikmesi canlılık açısından tehlike oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda, tuzlu ve tatlı sularda, özellikle endüstriyel alanlardaki sularda, perflorlu bileşiklerin anlamlı şekilde arttığı ve su canlılarında biriktiği tespit edilmiştir. Ayrıca içme suyunda da PFOA tespiti sağlığımız açısından önem arz etmektedir (Bao ve ark., 2012).

Yurtdışında, perflorlu bileşiklerin kontaminasyonu ve canlılara olan etkileri ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. İtalya'da, Po Nehri Havzasında yapılan analizlerde endüstriyel kirlenmeden kaynaklanan yüksek miktarda PFOA tespit edilmiştir (Loos ve ark., 2008). Almanya'da insan periferik lökositleri üzerinde perflorooktansülfonat ve perflorooktanoik asidin etkisi araştırılmıştır. Plazmadaki perflorlu bileşiklerin bağışıklık

hücrelerini etkilediği saptanmıştır (Haase ve ark., 2010). Norveç'te 21 farklı yiyecek ve içeceklerden günlük alınan perflorlu bileşiklerin miktarı araştırılmış, 12 farklı perflorlu bileşik tespit edilmiştir. Bunların % 50'sini PFOA ve PFOS'un oluşturduğunu, bu bileşiklere yaşlıların daha az, erkeklerin ise daha fazla maruz kaldığı belirlenmiştir (Haug ve ark., 2010). İspanya'da yapılan bir çalışmada, insanların perfloroalkil bileşiklere maruziyeti araştırılmıştır. PFOS, PFOA, PFHpA, PFHxS, PFDA ve PFDA incelenen yiyecek maddelerinde en sık rastlanan bileşikler olmuştur. Balık ve kabuklu deniz ürünlerinde PFAS en yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur (Domingo ve ark., 2012) Çin'de 153 plazma örneğinde endokrin bozucu kimyasallar araştırılmış, % 90 örnekte PFOS ve PFOA ağırlıklı olmak üzere perflorlu bileşikler tespit edilmiştir. Çin nüfusunda plazmada bulunan PFOS (8.68 ± 5.91 μg/ml) ve PFOA (4.02 ± 2.70 μg/ml) bileşiklerinin konsantrasyonlarının USA ve İsveç'te rapor edilen değerlerden 1.5 kez daha düşük olarak tespit edilmiştir. Ayrıca erkeklerde tespit edilen perflorlu bileşiklerin konsantrasyonu ($p < 0.05$) bayanlardakinden ($p < 0.03$) çok daha fazla bulunmuştur (Wan ve ark., 2013). Bir başka çalışmada, Çin Taihu gölündeki perflorlu bileşiklerin dağılımı ve insan sağlığı, su standartları üzerindeki etkisi araştırılmış, PFOS 29.2 μg L^{-1} ve PFOA 136 μg L^{-1} olarak en yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. Toplam perflorlu bileşik konsantrasyonu suda 164–299 μg L^{-1}, toprakta 5.8–35 μg g^{-1} olarak bulunmuştur. Canlılar için acil bir sorun teşkil etmezken, ilerleyen yıllarda özellikle balıklar için potansiyel tehlike olabileceği saptanmıştır (Pan ve ark., 2014). İtalya'da su ekosisteminde perflorlu bileşiklerin miktarı tayin edilmiş, nehirlerin önemli bir kirlilik kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Özellikle midye, istiridye ve yengeçte literatüre göre daha yüksek seviyede perflorlu bileşikler tespit edilmiştir (Renzi ve ark., 2013). Amerika'da 4587 yetişkinde yapılan araştırma sonucunda alınan kan örneklerinde perflorooktanoik asit ve perflorooktan sülfonat tespit edilmiş ve kronik böbrek hastalığı ile arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu ilişkinin yaş, cinsiyet, ırk, vücut kitle indeksi, diyabet, hipertansiyon ve kolesterol seviyeleri parametrelerinden bağımsız olduğu belirtilmiştir. Histopatalojik çalışmalarda böbreğin boşaltım sisteminde öncelikli bir organ olması sebebiyle böbrekte yüksek konsantrasyonlarda PFOA ve PFOS gözlemlenmesi, insan sağlığı üzerinde tehlike arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda, böbreğin perflorlu bileşikler için hedef organ olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ayrıca,

PFOA ve PFOS'ın yüksek kolesterol seviyesi ile ilişkili olduğuna değinilmiştir (Shankar ve ark., 2011).

27 Aralık 2006'da Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi ortaklaşa olarak perflorooktan sülfonat kullanımını ve satışını sınırlamış (2006/122/EC), Haziran 2008'de ise yasaklamıştır. Türkiye'de ise bu konuda henüz herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. EPA (Environmental Protection Agency) 2014 Mart ayı raporunda PFOA ve PFOS kimyasallarının insan vücudunda serum, böbrek ve karaciğerde biriktiğini belirtmiştir (Onul, 2012).

1.1.4. PFOA ve PFOS için Yasal Sınır Değerleri

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) ve Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından PFOA ve PFOS için belirlenen yasal sınır değerleri Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1 PFOA ve PFOS için yasal sinir değerleri (EFSA, 2008; US EPA, 2016)

Perflorlu Bileşik	EFSA, TDI	US EPA, RfD
PFOA	1500 µg/kg bw/gün	20 µg/kg/gün
PFOS	150 µg/kg bw/gün	30 µg/kg/gün

TDI: Günlük tolere edilebilir alım miktarı

RfD: Referans doz miktarı

1.2. Kompost

Kompost evsel atık, bahçe atıkları vb. organik atıkların belirli şartlarda bozunmasıyla elde edilen bir gübre çeşididir. Kompost, atıkların geri kazanımını sağlamak amacıyla yapıldığından doğaya ve çevreye fayda sağlayacağı düşünülerek kullanılan bir yöntemdir. Artan nüfus ve insanların paketli ürün kullanımının artması, oluşan atık miktarında da artışa sebep olmaktadır. Dolayısıyla katı atık depolama sahaları da dolmaktadır. Kompost kullanımının yaygınlaşması ile depolama sahalarının ömürleri uzamakta ve daha fazla atık alması sağlanmaktadır. Ülkemizde oluşan atıkların

içeriğinin yaklaşık %50'sinin organik olduğunu düşünürsek bu yöntemin oldukça etkili bir bertaraf yöntemi olduğunu söyleyebiliriz.

Kompost oluşması için kullanılacak bazı organik ürünler şunlardır:

Yemek Atıkları: Ekmek ve benzeri unlu mamuller, çay, kahve, kuru ve hazır yemekler, meyve ve sebze atıkları, yumurta kabuğu vb.

Bahçe Atıkları: Yapraklar, otlar, budama atıkları, dallar, bahçeden çıkan bütün organik atıklar

Kâğıt ve karton: Peçete, kullanılmış kağıt, gazete, dergi, içecek kutuları, kağıt bardaklar, işyerlerinde veya evlerde malzemelerin içine konulduğu tüm karton kutular vb.

Odun: Odun ve parçası, talaş, kereste vb.

Organikler: Bunların dışında kalan biyolojik olarak parçalanabilen tüm organikler.

Kompost diğer bertaraf yöntemlerine (yakma, piroliz) göre çevreci olduğundan ve elde edilmesi kolay olduğunda ülkemizde kullanılması yaygınlaşmıştır. Kompost yapımı için ihtiyaç duyulan malzemeler, azot ve karbon içeren herkesin evinde ve bahçesinde bulabileceği malzemelerden oluşmaktadır. Örneğin, azot ihtiyacını karşılaması için çim, yeşil yapraklı bitkiler, evsel atıklar, bozulmuş yemek atıkları, karbon ihtiyacını karşılaması için ise talaş, fındıkkabuğu, saman, kuru yapraklar kullanılabilir (Yıldız ve ark., 2009).

1.2.1. Kompost Oluşumunun Biyolojik Süreci

Kompostlaştırma biyolojik bir süreç olduğundan öncelikle mikroorganizmaların çoğalabileceği ideal bir ortamın oluşturulması gerekir. Atıkların işlenmesi için iki biyolojik süreç kullanılmaktadır.

1- **Aerobik kompostlama:** Belirli koşullarda organik atıkların homojenize edilmesi yöntemidir. Bu kompostlaştırma yöntemi 4 aşamada gerçekleşmektedir.

   1- Parçalama ve karıştırma işlemidir.

2- Biyooksidasyon aşaması yani sıcaklığını yükseltip bozunma sürecini hızlandırma aşamasıdır.

3- Sıcaklığı düşürerek kurutma aşamasıdır.

4- Eleme aşamasıdır yani kompostun içinde kalan inorganik atıkların ayrıştırılması için gerçekleştirilir.

2- Anaerobik fermentasyon: Oksijensiz ortamda biyobozunur materyalleri parçalamak için geçen biyolojik süreçtir. Aşamaları şu şekildedir:

1- Mezofilik ve termofilik fermentasyon

2- Islak ve kuru fermantasyon yöntemidir (Yıldız ve ark., 2009).

1.2.2. Kompost Üretim Aşamaları

Kompost üretimi başta Avrupa olmak üzere tüm ülkelerde hızla yaygınlaşan çevre ve doğa dostu olarak görülen bir yöntemdir. Bununla birlikte, ülkemizde kompost tesisi sayısı düşüktür. Bunun sebepleri ise yurtdışından getirilen ekipmanların Türkiye atıklarına uygun olmaması, dolayısıyla tam verimli ürün elde edilememesi ve üretim maliyetinin yüksek olmasıdır. Ülkemizde aktif olarak çalışan tek kompost tesisi İstanbul Büyükşehir Belediyesine ait kompost tesisidir. Katı atıkların bertaraftı için oldukça faydalı olan kompost üretimi genel olarak açık sistem ve kapalı sistem olarak iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Fakat bu 2 sistem kendi içerisinde de farklı üretim modelleri içermektedir. En fazla kullanılan 5 sistem şu şekildedir:

1. **Açık sistem kompost üretimi :** Açık sistemde kompost üretimi, küçük ve orta büyüklükteki yerler için uygulanan bir yöntemdir. Bu metotta, organik maddeler toplandıktan sonra homojen oluncaya kadar karıştırılıp bekletilir. Bu yöntemde yığın şeklinde bulunan organik atıkların boyunun 1-1.5 metreden yüksek olmaması gerekir. Aksi durumda bu yöntem kullanılamaz. Yığınların küçük olması, hem doğal hava hareketinden yararlanmayı sağlar, hem de yüksek sıcaklıklara ulaşan kütlenin soğutulmasına yardım eder. Süreç başlangıcında yığını oluşturmak ve karıştırmak için kullanılan ekipmanlar büyük maliyet

gerektirir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, yığının kontrol edilemediği durumlarda anaerobik koşulların başlaması ve sonuç olarak koku oluşumuna neden olmasıdır.

2. **Reaktörde kompost üretimi (Kapalı sistem kompost üretimi) :** Bu yöntemde atık kapalı bir sistem içerisinde tutulur. Kompost üretiminin kontrolü kolaydır fakat ilk yatırım maliyeti en yüksek olan üretim şeklidir. Bu metotta ürün çok kısa sürede üretilir. Koku problemiyle karşılaşılmaz ve yer ihtiyacı az olan bir yöntemdir.

3. **Aktarmalı yığında kompost üretimi :** En çok kullanılan kompost üretim metodudur. Atıklardan daha verimli bir şekilde kompost üretilmesi için kullanılan bu yöntem karıştırılarak yapılır. Karıştırma sayesinde hem yığının homojen olması hem de yığına hava girişi sağlanır. Bu yöntemde kullanılan ekipmanlar atığın büyüklüğüne ve şekline göre değişkenlik göstermektedir. Kullanılan makinalar genellikle büyük iş makinaları ve özel çevirme ekipmanlarıdır.

4. **Havalandırmalı statik yığında kompost üretimi :** Bu yöntem açık alanda bulunan ya da sonradan üstü kapatılan bir yöntemdir. Bu yöntemde atıkların içerisinde gömülü bir şekilde delikli borular bulunur ve bu borulardan hava verilerek üretim sağlanır. Havalandırmalı statik yığınların tabanının saman, talaş gibi boşluk arttırıcı maddelerden oluşması ve bu yapının tüm süreç boyunca korunması gerekir. Bu yöntemde atıkların boyunun 1.5-2.5 metreden fazla olmaması gerekir. Eğer bu yönteme günlük atık eklenecekse hücre eklemeli bir sistem olması gerekir. Bu da hem işletme açısından kolaylık, hem de yerden tasarruf sağlar. Bu yöntemin en büyük dezavantajı koku çıkarmasıdır.

5. **Bahçe tipi kompost üretimi :** Bahçeden ve evden çıkan atıkların bertaraf edilip kompost üretilmesi için yapılan bir metottur. Maliyeti ve iş gücü çok düşük olmasından dolayı kolay bulunabilen ve portatif bir metottur.

Günümüzde aktif kompostlaştırma reaktörde yapılırken, yavaş kompostlaştırma aktarmalı yığın metodu kullanılarak yapılmaktadır. Aktif kompostlaştırma 1-2

haftada tamamlanırken, yavaş kompostlaştırma 4-12 hafta sürmektedir (İSTAÇ, 2015).

1.2.3. Kompost İle İlgili Dünyada Uygulanan Standartlar

1.2.3.1 Süreç Kontrolü İle İlgili Standartlar

Hijyenik şartların sağlanması amacına yöneliktir. Süreç sonunda hijyen problemi olmayan, patojen bakteri içermeyen, minimum miktarda yabani ot ve tohum içeren bir ürün elde edilmesini amaçlar.Birçokülke bu şartları sağlayabilmek için kompostlaştırma süreci boyunca sıcaklık-zaman değişiminin izlenmesini ve elde edilen ürünün patojen testlerine tabi tutulmasını şart koşmaktadır.

1.2.3.2 Ürün Kalitesi İle İlgili Standartlar

Kompost içerisinde bulunmasına izin verilen ağır metallerin ve organik kirleticilerin maksimum limitleriyle ilgilidir.

Çizelge 1.2 AB ülkelerinde kompost için uygulanan ağir metal limitleri (mg/kg kuru madde) (İSTAÇ, 2015)

Ülke	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
Avusturya	0.7	70	70	0.4	25	45	200	---
Belçika	1.5	70	90	1	20	120	300	---
Danimarka	0.4	---	1000	0.8	30	120	4000	25
Fransa	3	---	---	8	200	800	---	---
Almanya	1.5	100	100	1	50	150	400	---
İtalya	10	500	600	10	200	500	2500	10
Hollanda	1	50	60	0.3	20	100	200	15
İspanya	40	1500	1750	25	400	1200	4000	---
İngiltere	0.7	70	70	0.4	25	45	200	---
İrlanda	1.5	100	100	1	50	150	350	15
Lüksemburg	1.5	100	100	1	50	150	400	---
İsveç	1	100	100	1	50	100	300	---

Çizelge 1.3. Kompost içinde bulunabilecek organik kirleticiler için limit değerler (İSTAÇ, 2015)

Parametre	Avusturya	Danimarka	Lüksemburg
Poliklorlu bifeniller	1 mg/kg kuru madde	----	0.1 mg/kg kuru madde
Poliklorlu dibenzofuran	----	----	20 ng/kg kuru madde
Dioksinler	50 ng/kg kuru madde	----	----
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	6 mg/kg kuru madde	3 mg/kg kuru madde	10 mg/kg kuru madde
Absorblanabilir organik halojenler	500 mg/kg kuru madde	----	----
Hidrokarbonlar	3000 mg/kg kuru madde	----	----
Lineer alkil benzen sülfonat	----	1300 mg/kg kuru madde	----
Nonilfenol	----	30 mg/kg kuru madde	----
Di-2-etilhekzil ftalat	----	50 mg/kg kuru madde	----

1.2.4. Kompost İle İlgili Türkiye'de Uygulanan Standartlar

Ülkemizde bu konuyla ilgili 3 yönetmelik bulunmaktadır.

1- **Katı atıkların kontrolü yönetmeliği (KAKY, 1991):** Bu yönetmelikte kompostla ilgili olarak Madde 33 ve 34 bulunmaktadır.

Madde 33: Organik katı atıkların oksijenli ortamda indirgenmesi suretiyle elde edilen kompostun toprağın yapısını iyileştirici bir vazife görmesi için;

- ✓ Bahçe ve mutfak artıklarının, bu iş için kurulmuş tesislerde kompostlaştırılması,

- ✓ Kompost üretimini kolaylaştırmak için, komposta elverişli organik atıkların ayrı toplanması gerekir.

Madde 34: Yıllık kapasite 200 tondan büyük olan kompost tesislerinde;

- ✓ Kompost tesisi havalandırılarak çalıştırılıyorsa, emilen havanın filtreden geçirilmek suretiyle temizlendikten sonra atmosfere verilmesi,
- ✓ Kompost sahasından toplanan sızıntı suyu kompostun ıslatılması için kullanılmıyorsa, sızıntı suyu arıtıldıktan sonra alıcı ortama verilmesi ve bu konuda Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinin alıcı ortam standartlarına uyulması,
- ✓ Tesise gelen katı atıklar için ön depolama ve dengeleme görevi yapan ön deponun (bunker) kapalı olması,
- ✓ Kompost tesislerinin yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının koruma alanı içine inşa edilmemesi,
- ✓ Yerleşim alanlarına en yakın mesafenin 1000 metre olması gerekir.

2- **Tarımda kullanılan organik, organomineral gübreler ve toprak düzenleyiciler ile mikrobiyal, enzim içerikli ve diğer ürünlerin üretimi, ithalatı ve piyasaya arzına dair yönetmelik (TKİB, 2010):** Bu yönetmeliğin amacı, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısının iyileştirilmesi, bitkisel üretimde verimliliğin artırılması, insan sağlığının korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla, organik, mineral ve mikrobiyal kaynaklı gübrelerin kullanımını yaygınlaştırmak, tanımlamak, bunlara ait analiz metotlarını belirlemek ve bu ürünlerin ithali, ihracı, üretimi, piyasaya arzı ile kayıt altına alınmasına ilişkin usul ve esasları belirlemektir. Bu yönetmelikte kompostla ilgili Madde 5 ve EK- IVA bulunmaktadır.

Madde 5: Bu yönetmelikte yer alan ürünlerdeki ağır metal sınır değerleri, insan ve çevre sağlığını korumak amacı ile ppm (mg/kg) cinsinden aşağıdaki değerleri geçemez.

Çizelge 1.4.Ağır metal sınır değerleri

Ağır Metal	**Konsantrasyon (mg/kg)**
Kadmiyum	3
Bakır	450
Nikel	120
Kurşun	150
Çinko	1100
Civa	5
Krom	350
Kalay	10

Çizelge 1.5. Organik toprak düzenleyiciler için öngörülen şartlar (TKİB, 2010; Ek-IVA)

Ürünün tip ismi	**Organik ürünün elde ediliş şekli ve ana bileşenlerine ait bilgiler**	**Ürünün hammadde muhtevası, miktarı ile bünyesinde bulunması gereken bitki besin maddesi içeriği ve diğer kriterler**	**Ürüne ait EC, pH ve diğer istenen bilgiler**	**Etiket üzerinde beyan edilmesi gereken zorunlu içerik**
Bitkisel menşeli kompost	Bitkisel menşeli organik atıkların fermantasyonuyla elde edilen ürün	Organik madde en az: % 35 Maksimum nem : % 20 10 nm'lik elekten ürünün % 90'ı geçecektir. Üründe kullanılan hammadde kaynağı belirlenecektir.	pH	Toplam organik madde Maksimum nem Toplam azot (% 1'i geçerse) Toplam fosforpentaoksit (% 1'i geçerse) Suda çözünür potasyum oksit (% 1'i geçerse) C/N
Evsel kaynaklı kompost	Evsel atıklardaki organik atıkların fermantasyonuyla elde edilen ürün. İçinde cam, cüruf, metal, plastik, lastik deri gibi seçilebilir maddelerin toplamı, ağırlığın % 2'sini geçemez	Organik madde en az: % 35 Maksimum nem : % 20 10 nm'lik elekten ürünün % 90'ı geçecektir. Plastik madde ya da diğer mevcut muhtemelen geri dönüşümü olmayan madde parçacıklarının büyüklüğü 10 nm'yi geçmeyecektir. Üründe kullanılan hammadde kaynağı belirlenecektir. Kuru maddedeki arsenik miktarı 20 mg;/kg'ı geçemez.	pH EC (dS/m) değeri en fazla 4	Toplam organik madde Maksimum nem Toplam azot (% 1'i geçerse) Toplam fosforpentaoksit (% 1'i geçerse) Suda çözünür potasyum oksit (% 1'i geçerse) C/N

3-Evsel ve kentsel arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelik (ÇŞB, 2010): Bu yönetmeliğin amacı; arıtma çamurlarının toprakta kullanımında gerekli tedbirlerin alınması esaslarını sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde belirlemektir.

Çizelge 1.6. Topraktaki ağır metal sınır değerleri (Ek I-A)

Ağır Metal (Toplam)	$6 \leq pH < 7$ mg· kg^{-1} Fırın Kuru Toprak	$pH \geq 7$ mg· kg^{-1} Fırın Kuru Toprak
Kurşun	70	100
Kadmiyum	1	1.5
Krom	60	100
Bakır	50	100
Nikel	50	70
Çinko	150	200
Civa	0.5	1

Çizelge 1.7. Toprakta kullanılabilecek stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları (Ek I-B)

Ağır Metal (Toplam)	**Sınır Değerler (mg· kg^{-1} kuru madde)**
Kurşun	750
Kadmiyum	10
Krom	1000
Bakır	1000
Nikel	300
Çinko	2500
Civa	10

Çizelge 1.8. Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurundaki organik bileşiklerin konsantrasyonlarının ve dioksinlerin sınır değerleri (Ek I-C)

Organik Bileşikler	**Sınır değerler (mg· kg^{-1} kuru madde)**
AOX (Adsorblanabilen organik halojenler)	500
LAS (Lineer alkilbenzin sülfonat)	2600
DEHP (Diftalat(2-ethylhexyl))	100
NPE (Nonil fenol ile 1 ve 2 etoksi grubu olan nonil fenol etoksilatların toplamını içerir)	50
PAH (Polisiklik aromatik hidrokarbon veya poliaromatik hidrokarbonların toplamı)	6
PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 sayılı poliklorlu bifenil bileşiklerinin toplamı)	0.8
Dioksinler (ng toksik eşdeğer / kg kuru madde	

PCDD/F Poliklorlu dibenzodioksin/dibenzofuranlar	100

Çizelge 1.9. Toprakta on yıllık ortalama esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü sınır değerleri (Ek I-E)

Ağır Metal (Toplam)	**Sınır Yük Değeri ($g \cdot da^{-1} \cdot yıl^{-1}$, kuru madde)**
Kurşun	225
Kadmiyum	3
Krom	300
Bakır	300
Nikel	90
Çinko	750
Civa	3

1.2.5. Ülkemizdeki Uygulamalar

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kısırmandıra Kompostlaştırma Tesisi Kemerburgaz'da kurulmuş olup 2001 yılından beri işletilmektedir. Tesiste reaktörde kompostlaştırma tekniği uygulanmaktadır. Kompostlaştırma reaktöründe ilk 3 haftada hızlı fermantasyon (aktif kompostlaştırma) gerçekleştirilmektedir. Bu işlem sırasında tabandan yukarı doğru havalandırma uygulanmaktadır. Daha sonraki olgunlaştırma işlemi 5 haftada gerçekleştirilmektedir. Açığa çıkan kirli hava biyofiltrelerde arıtılmaktadır. Oluşan sızıntı suları da bir tankta biriktirilerek arıtma tesisine gönderilmektedir. Tesise haftada 4200 ton kentsel katı atık (KKA) girmekte olup günde 700 ton KKA arıtılmaktadır. Bunun 400 tonu kompost reaktörüne alınmakta, 300 tonuna da elle ayıklama biriminde ambalaj atıkları geri kazanımı uygulanmaktadır (İSTAÇ, 2015).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Qu ve arkadaşları (2010), buğday üzerine PFOS'un toksik etkisini araştırmışlardır. Buğdayları laboratuvar ortamında Hoagland çözeltisinde yetiştirmişler ve 0.1, 1, 10, 100 ve 200 mg L^{-1} PFOS uygulamışlardır. 7 günlük uygulamadan sonra, 10 mg L^{-1} ve üzerinde PFOS uygulanan buğday örneklerinde büyümede, klorofil ve çözünür protein sentezinde azalma görülmüştür. Benzer şekilde, peroksidaz, süperoksit dismutaz gibi enzimlerin aktivitelerinde de azalma saptanmıştır.

Yoo ve arkadaşları (2011), kompost uygulaması yapılan topraklarda yetişen çeşitli çimen türlerine geçen perflorlu bileşikleri tayin etmişlerdir. Çimen örneklerinde konsantrasyonları 0.1 ile 202.7 µg g^{-1} arasında değişen 6-14 karbonlu 9 perflorokarboksilik asit tespit etmişlerdir. Çimenlerdeki PFOS konsantrasyonlarının 1.2 – 20.4 µg g^{-1} arasında değiştiğini ve PFOA'den daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, çim/toprak birikim faktörlerini hesaplamışlar ve bu oranın perflorlu bileşiğin zincir uzunluğunun artması ile azaldığını belirtmişlerdir.

Sepulvado ve arkadaşları (2011), kompost uygulaması yapılan toprakların perflorlu bileşik içeriklerini belirlemişlerdir. Hem kompostlardaki hem de kompost uygulaması yapılan topraklardaki en baskın türün PFOS olduğunu ve kompostlarda 80 - 219 µg g^{-1} arasında, topraklarda ise 2 – 483 µg g^{-1} arasında bulunduğunu ifade etmişlerdir. PFOA konsantrasyonlarının ise daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, 120 cm'den daha derinden alınan topraklarda perflorlu bileşikleri belirleyememişlerdir.

Felizeter ve arkadaşları (2012), marula geçen perflorlu bileşikleri incelemişlerdir. Marulları topraksız ortamda yetiştirmişler ve 0.001 – 10 µg g^{-1} perfloroalkil asit karışımı uygulamışlardır. 40 gün sonra marula geçen perflorlu bileşikleri tayin ederek kök konsantrasyon faktörünü (RCF), bitki/kök konsantrasyon faktörünü (FRCF) ve terleme konsantrasyon faktörünü (TSCF) belirlemişlerdir. Uzun zincirli perflorlu bileşikler için RCF değerini en yüksek, FRCF değerini ise en düşük olarak bulmuşlardır. Bu değerlerin, yağ bakımından zengin olan kök kısımlarına perflorlu bileşiklerin daha rahat geçtiğini gösterdiğini belirtmişlerdir. Köklerden filize doğru geçişin kısıtlı olduğunu ve büyük oranda bileşiklerin hidrofobikliğine bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Blaine ve arkadaşları (2014), kompost uygulaması yapılmış topraklarda büyüyen turp, kereviz, domates, şeker ek bezelyesi gibi bitkilerin kök, filiz ve meyve kısımlarına geçen perkloro alkil asitlerin dağılımını incelemişlerdir. PFOA ve PFOS miktarlarını sırasıyla turp kökünde 67 ve 35 μg g^{-1}, turp filizinde 590 ve 198 μg g^{-1}, kereviz kökünde 110 ve 212 μg g^{-1}, kereviz filizinde 58 ve 69 μg g^{-1}, domates kökünde 76 ve 222 μg g^{-1}, domates filizinde 185 ve 210 μg g^{-1}, domateste 8 ve 2 μg g^{-1}, bezelye kökünde 64 ve 122 μg g^{-1}, bezelye filizinde 42 ve 63 μg g^{-1}, bezelyede 4 ve 2 μg g^{-1} olarak saptamışlardır. Ayrıca, her bir bitkinin kök, filiz ve meyve kısımları için biyobirikim faktörlerini hesaplamışlardır.

Wen ve arkadaşları (2014), kompost uygulaması yapılan topraklarda yetişen buğdaylara perfloroalkil asitlerin geçiş mekanizması üzerinde çalışmışlardır. Kompost uygulaması yapılmış toprağın analizinde konsantrasyonları 18 - 113 μg g^{-1} arasında değişen 9 perflorokarboksilik asit ile konsantrasyonları 23.4 - 107 μg g^{-1} arasında değişen 3 perflorosülfonik asit tespit etmişlerdir. Perflorlu bileşiklerin bu topraklarda yetiştirilen buğdayların sadece kök kısmına değil, yapraklarına ve başaklarına da geçtiği görülmüştür. Perflorlu bileşik konsantrasyonları kök > sap > başak > kabuk şeklinde bulunmuştur. Sonuç olarak, perflorlu bileşiklerin besin zinciri yoluyla taşındığına da dikkat çekerek, kontamine olmuş topraklarda yetişen bitkilere, bitkilerden de hayvanlara ve insanlara geçeceğini vurgulamışlardır.

Bizkarguenaga ve arkadaşları (2016), kompost uygulaması yapılmış topraklarda yetişen marul ve havuca geçen PFOA, PFOS ve FOSA miktarlarını incelemişlerdir. Topraktaki PFOA, PFOS ve FOSA konsantrasyon aralıklarını sırasıyla 390-560; 320-480; 530-565 μg g^{-1} olarak belirlemişlerdir. Bu topraklarda yetişen havuçlara 33-148 μg g^{-1} arasında PFOA, 64-256 μg g^{-1} arasında PFOS geçerken, kabuklarına 73-291 μg g^{-1} arasında PFOA, 15-60 μg g^{-1} arasında PFOS geçtiğini saptamışlardır. Havuç bitkisinin yapraklarında, havuç ve kabuğunda tespit edilen miktarlardan daha fazla miktarlarda PFOA ve PFOS saptadıklarını ifade etmişlerdir. Ne havuçlarda, ne kabuklarında, ne de yapraklarında FOSA tespit edememişlerdir. Marul örneklerinde belirlenen gerek PFOA, gerekse de PFOS miktarları havuç örneklerinde saptanan miktarlardan çok daha yüksek bulunmuştur. Marul örneklerine geçen FOSA konsantrasyonlarını ise 101-404 μg g^{-1}

arasında belirlemişlerdir. Sonuç olarak, perflorlu bileşiklerle kontamine olmuş topraklarda yetişen bitkilere bu bileşiklerin geçtiğini ortaya koymuşlardır.

Navarro ve arkadaşları (2017), kompost uygulaması yapılmış topraklarda yetişen ıspanak ve domatese geçen perkloro alkil maddelerin miktarlarını belirlemişlerdir. Bu amaçla, önce toprak ve kompostun perflorlu madde içeriklerini tespit etmişler ve toprakta 0.20 μg g^{-1} PFOA ve 0.29 μg g^{-1} PFOS, kompostta ise 8.90 μg g^{-1} PFOA ve 28.20 μg g^{-1} PFOS bulunduğunu ifade etmişlerdir. 28 gün sonra ıspanak bitkisine geçen PFOA ve PFOS miktarlarını sırasıyla 2.37 μg g^{-1} ve 1.62 μg g^{-1} olarak tespit etmişlerdir. Domates bitkisi için, kök, sap, yaprak ve meyve kısmına geçen toplam perflorlu bileşik miktarlarını belirlemişler ve kök kısmına 26.75 μg g^{-1}; sap kısmına 26.84 μg g^{-1}; yaprak kısmına 96.50 μg g^{-1}; domatese ise 61.30 μg g^{-1} perflorlu bileşik geçişi olduğunu saptamışlardır. Domateslerin yetiştiği toprağa toplam perflorlu bileşik konsantrasyonu 105.43 μg g^{-1} olan bir kompost uygulamışlardır.

Lan ve arkadaşları (2018), buğday-toprak sisteminde perfloroalkil asitlerin bitki tarafından alınımını incelemişlerdir. Sera ortamında yetiştirdikleri buğdayların toprağına 4, 6 ve 8 karbonlu perfloroalkil karboksilik asitlerden 200 ve 2000 μg kg^{-1} uygulamışlardır. Dört hafta sonra buğdayların hem büyümesinde hem de klorofil sentezinde azalma gözlemlemişlerdir. Ayrıca, biyobirikim faktörlerini hesaplamışlar ve kısa zincirli perfloroalkil karboksilik asitlerin buğday örneklerine daha fazla geçtiğini belirtmişlerdir.

Xiang ve arkadaşları (2018), PFOA ile kirlenmiş topraklarda yetişen marullara geçen PFOA miktarlarını incelemişlerdir. Öncelikle toprağın PFOA içeriğine bakmışlar ve hiç PFOA içermediğini görmüşlerdir. Daha sonra belli aralıklarla toprağa 1 mg kg^{-1} PFOA uygulamışlardır. 50 gün sonra marul örneklerinde 2.2 – 3.4 mg kg^{-1} arasında PFOA tespit etmişlerdir. Ayrıca, PFOA'nın topraktan bitkiye geçişi ile ilgili bir mekanizma ileri sürmüşlerdir. Toprağın bir süre sonra absorbladığı PFOA'yı tekrar geri çıkarttığını, toprak mikroorganizmalarında bulunan çözülmüş organik maddeler tarafından PFOA'nın yeniden aktifleştirildiğini ve terleme ile bitkinin kök kısmından sapına doğru ilerlediğini ifade etmişlerdir.

Zhang ve arkadaşları (2019), 2-8 karbonlu perkloroalkil asitlerin buğday bitkisine geçiş mekanizmasını incelemişlerdir. Bu amaçla, trifluoroasetik asit (TFA),

perfluoro propionik asit (PFPrA), perfluorobutanoik asit (PFBA), perfluorohekzanoik asit (PFHxA), perfluorooktanoik asit (PFOA), perfluorobutan sulfonik asit (PFBS) ve perfluorooktan sulfonik asitten (PFOS) oluşan 2000 mg L^{-1}'lik bir karışım hazırlayarak 14 gün boyunca buğday örneklerine uygulamışlardır. Zamana bağlı olarak incelediklerinde, perflorlu bileşiklerin bitkinin kök kısmında daha fazla miktarlarda bulunduğunu, ancak zincir uzunluğunun artması ile geçişin azaldığını görmüşlerdir. Buğday bitkisi tarafından perfloroalkil asitlerin alımının enerjiye bağlı aktif bir süreç olduğunu, bununla birlikte kısa zincirli perflorlu bileşiklerin alımında su ve anyon kanallarının da sürece dâhil olduğunu ileri sürmüşlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan Kimyasallar

Tez çalışması yapılırken deneylerde kullanılan kimyasal maddelerin adı, formülü, alındıkları firma ve katalog numaraları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal Adı	Üretici Firma	Katalog no
Albumin fraction V	Merck	112018
Amonyum asetat ($CH_3CO_2NH_4$)	Aldrich	240192
Aseton ($CH_3\ COCH_3$)	Merck	100014
Coomassie® Brilliant Blue G 250 ($C_{47}H_{48}N_3NaO_7S_2$)	Merck	115444
Disodyum hidrojen fosfat dihidrat ($Na_2\ HPO_4\ .2\ H_2\ O$)	Merck	106580
Klorofil a standardı ($C_{55}H_{72}MgN_4O_5$)	Sigma	96145
Klorofil b standardı	Sigma	00538
Metanol (CH_3OH)	Sigma-Aldrich	32213
Metil tersiyer butil eter ($(CH_3)_3COCH_3$)	Isolab	908022
N,N- dimetilformamid ($HCON(CH_3)_2$)	Merck	103034
Perflorooktanoik asit (PFOA) ($C_8HF_{15}O_2$)	Sigma-Aldrich	171468
Perflorooktan sülfonat (PFOS) ($C_8F_{17}O_3S$)	Aldrich	77283
Polivinilpirolidon $(C_6H_9NO)_n$	Sigma-Aldrich	PVP10
2-Propanol ($CH_3\ CH(OH)CH_3$)	Merck	109634
Sodyum karbonat (Na_2CO_3)	Sigma-Aldrich	13418
Tetrabutilamonyum hidrojensülfat $(CH_3CH_2CH_2CH_2)_4N(HSO_4)$	Merck	818858

3.1.2. Kullanılan Cihazlar

Analizlerde kullanılan cihazlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneylerde kullanılan cihazlar

Cihazın Adı	Marka	Model
Analitik Terazi	Radwag	AS2 20 C/2
Isıtıcı	IKA	RH basic 2
LC-MS/MS	AB SCIEX	3200 QTRAP model
pH metre	InoLab	wtw serisi
Rotary evaporator	Buchi	R serisi
Santrifüj	Hettich	EBA 8 S
Spektrofotometre	Hitachi	U1900
Ultra saf su cihazı	New Human	Power I model

3.2. Yöntem

3.2.1. Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

a) **Amonyum asetat:** 2 mM amonyum asetat çözeltisi metanolde hazırlandı.
b) **Bradfort çözeltisi:** 25 mg Coomasie brillant blue G-250, 12.5 ml % 95'lik etanolde çözündürülüp, 25 ml % 85'lik fosforik asit eklenerek 250 ml'ye saf suyla tamamlandı.
c) **Klorofil a:** Klorofil a'nın 1.10^{-6}; 3.10^{-6}; 5.10^{-6}; 7.10^{-6}; 9.10^{-6} M'lık standart çözeltileri aseton:propanol (1:1) karışımında hazırlandı.
d) **Klorofil b:** Klorofil b'nin 1.10^{-6}; 3.10^{-6}; 5.10^{-6}; 7.10^{-6}; 9.10^{-6} M'lık standart çözeltileri aseton:propanol (1:1) karışımında hazırlandı.
e) **Metanol:** % 40'lık metanol-su çözeltisi hazırlandı.
f) **Serum albümin:** Serum albüminin 3.10^{-3}; 5.10^{-3}; 7.10^{-3}; 9.10^{-3}; 0.011 M'lık standart çözeltileri % 0.9'luk NaCl'de hazırlandı.
g) **Sodyum fosfat tamponu:** (50 mM, pH 7.8) fosfat tamponu hazırlandı.
h) **Sodyum karbonat tamponu:** (0.25 M, pH 10) karbonat tamponu hazırlandı.
i) **Perflorooktanoik asit (PFOA):** PFOA'in 0.05; 0.07; 0.09; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 30; 50; 70; 90 ve 110 ng ml^{-1}'lik standart çözeltileri metanolde hazırlandı.

j) **Perflorooktan sülfonik asit (PFOS):** PFOS'un 0.001; 0.003; 0.005; 0.007; 0.009; 0.011; 0.01; 0.05; 0.1; 0.3; 0.5; 0.7 ve 0.9 µg mL^{-1}'lik standart çözeltileri metanolde hazırlandı.

k) **Tetrabütilamonyum (TBA) hidrojen sülfat:** 0.5 M tetrabütilamonyum hidrojen sülfat çözeltisi suda hazırlandı.

3.2.2. Toprak Analizleri

Çalışmada kullanılan topraktan 0-20 cm derinlikten örnek alınmıştır. Toprak örneği havada kurutulduktan sonra, 2 mm'lik paslanmaz çelik elekten geçirilmiştir. Daha sonra toprağın pH'ı, organik madde içeriği, toplam azot, fosfor ve potasyum içeriği belirlenmiştir. Toprağın tekstürü Bouyoucos hidrometre yöntemi kullanılarak saptanmıştır (Gee ve Hortage, 1986). Toprak örneği su ile 1:2 (toprak:su) oranında seyreltildikten sonra pH'ı dijital pH metre aracılığıyla ölçülmüştür (Carter, 1993). Organik madde içeriği modifiye edilmiş Walkley–Black metoduna göre belirlenmiştir (Nelson ve Sommer, 1982). Toplam azot, fosfor ve potasyum içerikleri ise sırasıyla mikro Kjeldahl yöntemi, kolorimetrik analiz ve alev fotometresi aracılığıyla tayin edilmiştir (Li ve ark., 2012). Ayrıca toprağın PFOA ve PFOS içerikleri de belirlenmiştir (Guerranti ve ark., 2013). Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Toprak analiz sonuçları

pH	Kil (%)	Kum (%)	Silt (%)	Organik Madde (%)	Toplam azot (%)	Toplam fosfor (mg kg^{-1})	Toplam potasyum (mg kg^{-1})	PFOA (ng g^{-1})	PFOS (ng g^{-1})
8.26±	13.60±	26.50±	60.02±	1.52 ±	0.29 ±	12.58 ±	601.52 ±	1.81 ±	0.039±
0.12	0.17	0.22	0.31	0.01	0.001	0.18	1.05	0.001	0.001

3.2.3. Buğday ve mısır örneklerinin ekilmesi

PFOA ve PFOS içeriği belirlenmiş topraklara (1x1 metrelik) altışarlı gruplar halinde buğday ve mısır örnekleri ekilmiştir. Beşer grubun topraklarına kompost örnekleri eklenmiş, birer grup ise kontrol grubu olacağından kompost eklenmemiştir.

Çalışma 3 ay sürmüştür. Her ay buğday ve mısırlardan gelişi güzel onar örnek toplanarak analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Toprak ve Bitki Örneklerindeki Perflorlu Bileşiklerin Belirlenmesi

Örneklerden 1'er gram alınarak 5 ml ultra saf su ile homojenize edilmiştir. Üzerlerine 1 ml 0.5 M tetrabutilamonyum hidrojensülfat çözeltisi ve 2 ml sodyum karbonat tamponu (0.25 M, pH =10) eklenerek, iyice karışmaları sağlanmıştır. Sonra, 5 ml metil tersiyer butil eter eklenerek 20 dakika süreyle çalkalama işlemi uygulanmıştır. Organik faz ayrılmış ve sulu faza aynı işlemler 1 kez daha uygulanmıştır. Organik faz azot varlığında kuruluğa kadar buharlaştırıldıktan sonra kalıntı 0.5 ml metanol ile alınmıştır. Daha sonra 0.2 µm'lik naylon şırınga ucu aracılığıyla LC/MS/MS cihazına verilmiş ve perflorooktanoik asit ve perflorooktan sülfonatın miktarları belirlenmiştir (Guerranti ve ark., 2013).

3.2.5. LC/MS/MS Analizleri

LC/MS/MS cihazı olarak AB SCIEX Marka, 3200 QTRAP Model, QQQ (MS/MS) kütle dedektörlü cihaz kullanılmıştır. Kolon olarak Betasil C18 kolon (50 x 2.1 mm, 5 µm), hareketli faz olarak 2 mM amonyum asetat/metanol karışımı kullanılmıştır. Gradient elüsyonu uygulanmış ve analizin başlangıcında metanol oranı % 10 olarak ayarlanarak, 10 dakika sonra % 95'e çıkartılmıştır. Analiz süresi 15 dakika, akış hızı 300 µL/dak, kolon sıcaklığı ise 25 ºC olacak şekilde ayarlanmıştır (Guerranti ve ark., 2013).

3.2.6. Klorofil Tayini

5 mg klorofil a içeren kapalı ampul kırıldıktan sonra 100 ml'lik balon jojenin içine aktarılarak aseton-propanol (1:1) karışımı ile yıkanmış, yıkama çözeltileri de balonjojeye alındıktan sonra aynı çözücü karışımı ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Klorofil b için de aynı işlemler yapılarak 5mg/100ml konsantrasyonundaki stok çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler koyu renkli şişelere alınmış ve hazırlandıkları gün kullanılmıştır. Stok klorofil çözeltilerinden yararlanılarak, 1.10-6 – 10.10-6 M'lık

standart çözeltiler hazırlanmış ve bu çözeltilerden yararlanılarak kalibrasyon doğruları oluşturulmuştur.

Buğday ve mısır yaprakları alınıp iyice öğütüldükten sonra N,N-dimetilformamid içerisinde 4 ºC'de 24 saat bekletilmiştir. Süzüldükten sonra, 664.5 nm'de klorofil a'nın, 647 nm'de de klorofil b'nin absorbansı ölçülmüş ve kalibrasyon doğrusundan yararlanılarak klorofil konsantrasyonları tayin edilmiştir (Qu ve ark., 2010).

3.2.7. Çözünür Protein Tayini

Standart serum albüminin % 0.9'luk NaCl içerisinde 5 farklı konsantrasyonda çözeltileri hazırlanmıştır (3.10-6 ile 0.01 M arasında). Her birisine 1'er ml Bradfort çözeltisi eklenerek (25 mg Coomasie brillant blue G-250, 12.5 ml % 95'lik etanolde çözündürülüp, 25 ml % 85'lik fosforik asit eklenmiş ve 250 ml'ye tamamlanmıştır) 10 dakika rengin oluşması için beklenmiştir. Daha sonra 595 nm'de absorbansları ölçülerek, ölçülen değerler standart serum albümin konsantrasyonuna karşı grafiğe geçirilmiş ve kalibrasyon doğruları oluşturulmuştur.

Bitkilerin yapraklarından 0.1 g tartılarak, iyice öğütülmüş ve üzerlerine 4'er ml ekstraksiyon tamponu (50 mM sodyum fosfat tamponunun % 1'lik polivinilpirolidon içerisindeki çözeltisi, pH: 7.8) eklenmiştir. Süzüldükten sonra, 30 dakika santrifüjlenmiştir. Daha sonra, süzüntünün 595 nm'de absorbansı ölçülmüş ve kalibrasyon doğrusundan yararlanılarak çözünür protein miktarları belirlenmiştir.

3.2.8. Kalite Kontrol Parametreleri

PFOS'un 0.001 – 0.011 µg mL^{-1} ve 0.01 – 1 µg mL^{-1} konsantrasyonları arasında, PFOA'nın 0.05 – 5 µg mL^{-1} ve 10 – 110 µg mL^{-1} konsantrasyonları arasında metanoldeki standart çözeltileri hazırlanmış ve bu çözeltilerden yararlanılarak kalibrasyon doğruları oluşturulmuştur.

PFOS ve PFOA için 20'şer adet ayrı ayrı şahit numunelerine ait ölçümlerin standart sapmaları hesaplanarak gözlenebilme sınırı (LOD) ve belirlenebilme sınırı (LOQ) değerleri aşağıdaki formüllerden yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$LOD = \frac{3s}{m}$$

$$LOQ = \frac{10s}{m}$$

s = Şahit numuneye ait ölçümlerin standart sapması
m = Doğrunun eğimi

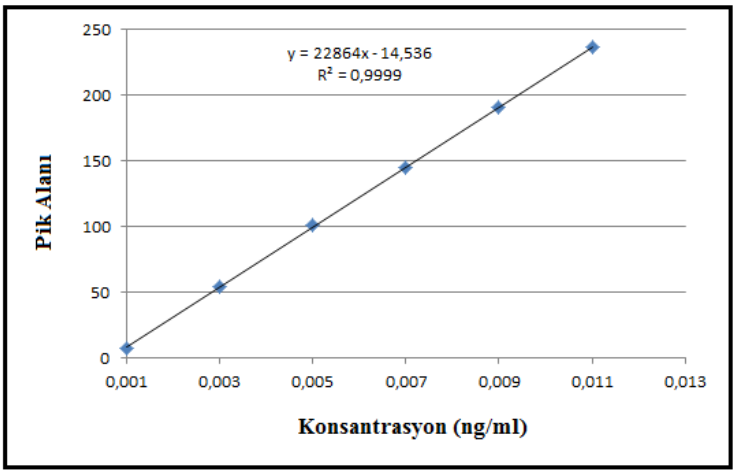
Geri kazanım oranı ise, spike yöntemi gerçek örnek ile hesaplanmıştır.

$$\%\, R = \frac{C_{gözlenen} - C_{örnek}}{C_{spike}}$$

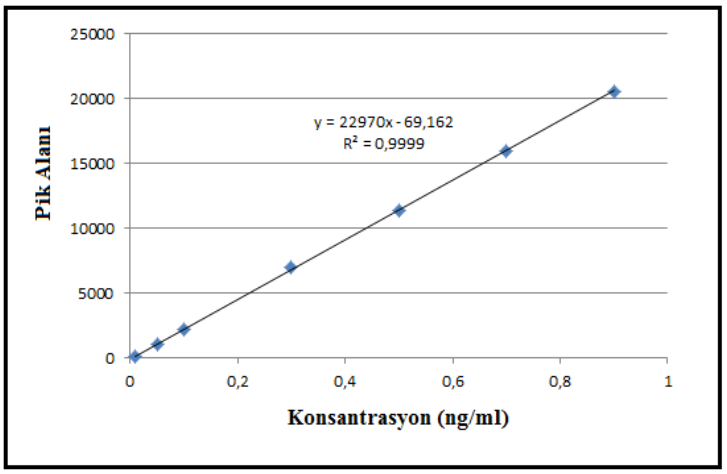
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. LC-MS/MS Cihazının Kalibrasyon Grafiğinin Oluşturulması ve Gözlenebilme Sınırı, Belirlenebilme Sınırı ve Geri Kazanım Yüzdelerinin Belirlenmesi

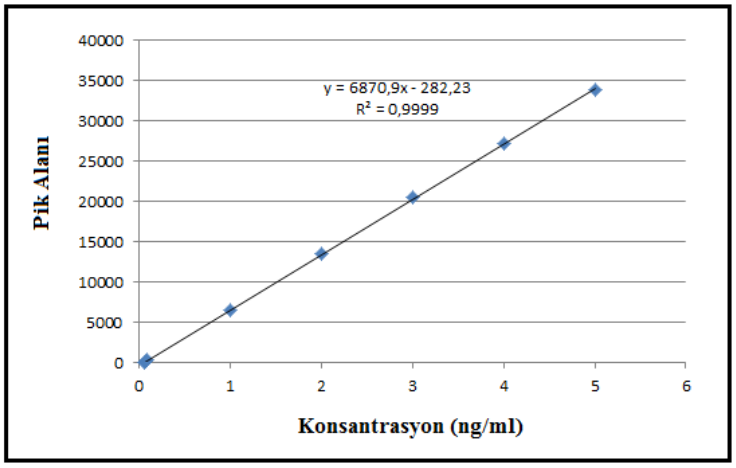
PFOS ve PFOA için elde edilen kalibrasyon doğruları Şekil 4.1 - 4.4'de verilmiştir.



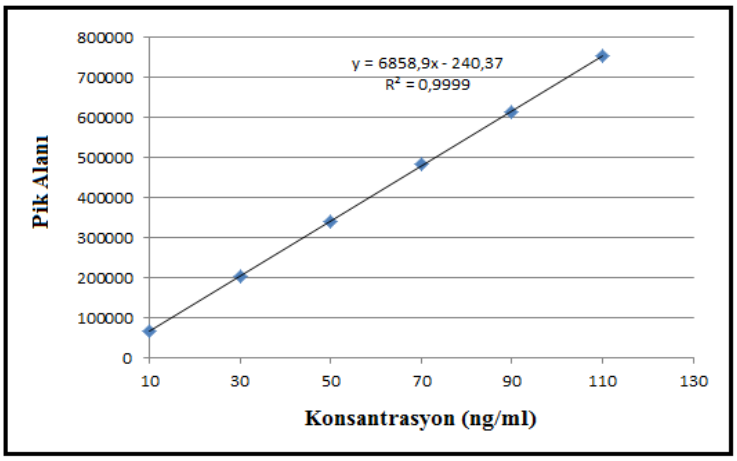
Şekil 4.1. PFOS'a ait 0.001 – 0.011 µg mL^{-1} aralığındaki kalibrasyon eğrisi



Şekil 4.2 PFOS'a ait 0.01 – 1 µg mL-1 aralığındaki kalibrasyon eğrisi



Şekil 4.3. PFOA'a ait 0.05 – 5 µg mL^{-1} aralığındaki kalibrasyon eğrisi

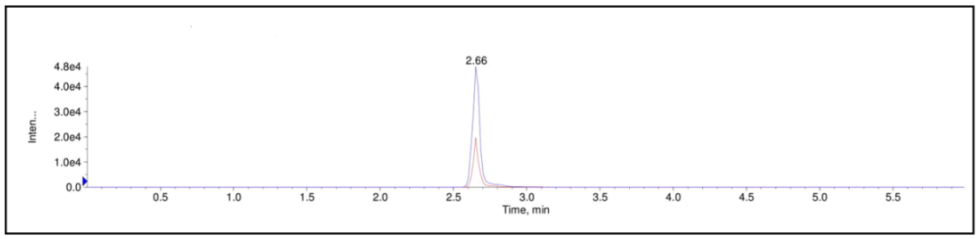


Şekil 4.4. PFOA'a ait 10 – 110 µg mL^{-1} aralığındaki kalibrasyon eğrisi

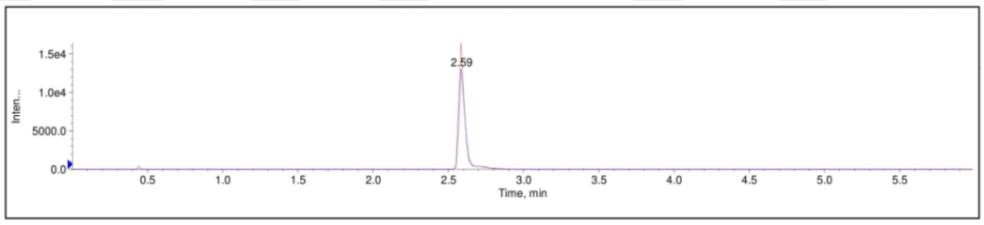
PFOA ve PFOS için hesaplanan LOD, LOQ değerleri, korelasyon katsayıları ve geri kazanım yüzdeleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Her iki bileşik için hazırlanan standart çözeltiler LC-MS/MS cihazına verilmiştir. Yöntem ve materyal kısmında belirtilen şartlarda, PFOA pikinin 2.59 dakikada, PFOS pikinin ise 2.66 dakikada geldiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.5 ve 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.1.. PFOA ve PFOS için LOD, LOQ, Korelasyon Katsayısı, Geri Kazanım Değerleri

Bileşik Adı	Alıkonma Süresi (dak)	Korelasyon Katsayısı (R^2)	Geri Kazanım (%)	LOD (ng/mL)	LOQ (ng/mL)
PFOA	2.59	0.9999	94.8 – 101.6	0.012	0.040
PFOS	2.66	0.9999	96.2 – 99.4	0.0003	0.001



Şekil 4.5 0.1 µg mL^{-1} PFOS standart çözeltisine ait kromatogram



Şekil 4.6 0.1 µg mL^{-1} PFOA standart çözeltisine ait kromatogram

4.2. Kompost Örneklerinin PFOA ve PFOS İçerikleri

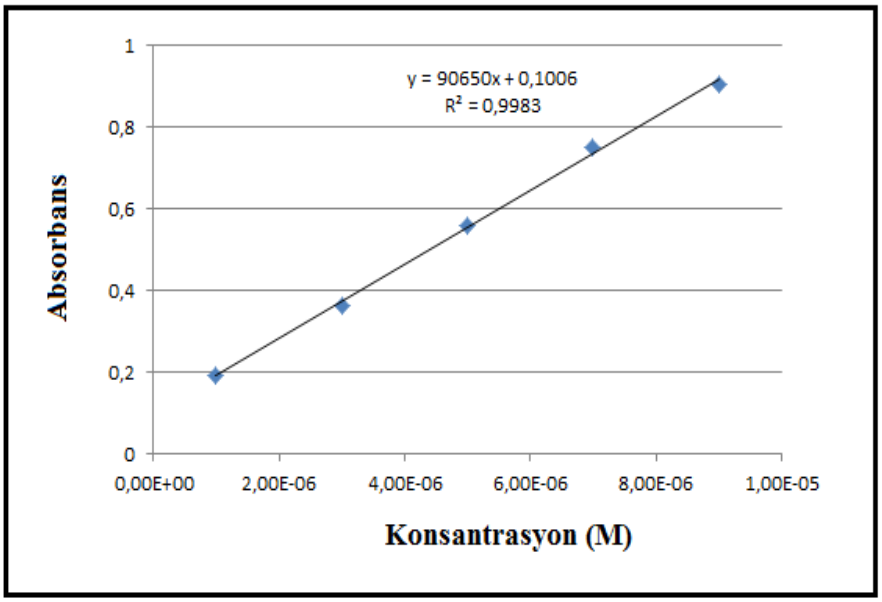
5 farklı kompost örneğinin ve kompost içermeyen toprak örneğinin PFOA ve PFOS analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir. Kompost örneklerinin PFOA içerikleri 26.1 – 102.0 µg mL^{-1} arasında, PFOS içerikleri ise 0.211 – 0.649 µg mL^{-1} arasında bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Kompost örneklerinin ve toprağın PFOA ve PFOS içerikleri

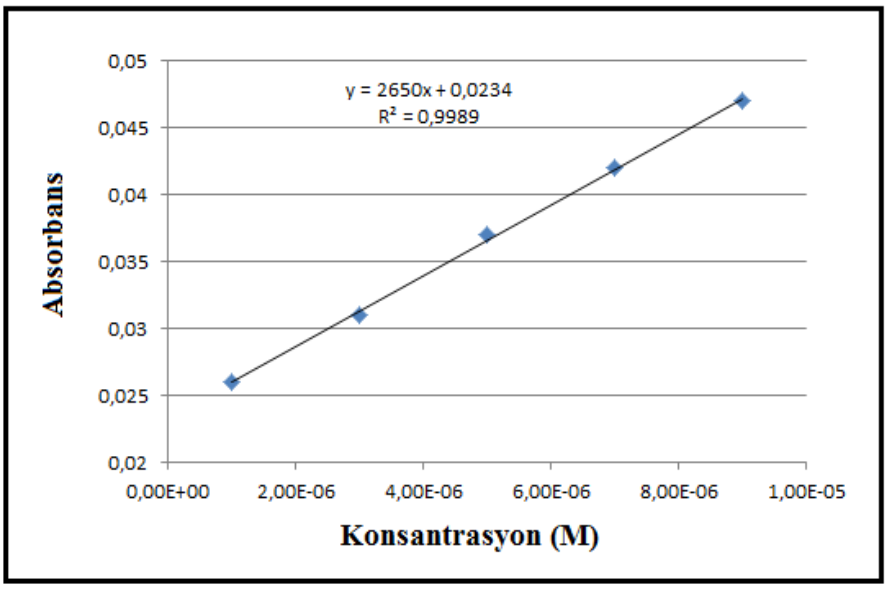
Numune	PFOA (µg mL^{-1})	PFOS (µg mL^{-1})
$Kompost_1$	102.0 ± 0.032	0.308 ± 0.001
$Kompost_2$	48.6 ± 0.021	0.649 ± 0.002
$Kompost_3$	29.6 ± 0.009	0.242 ± 0.001
$Kompost_4$	28.4 ± 0.008	0.211 ± 0.001
$Kompost_5$	26.1 ± 0.006	0.356 ± 0.001
Toprak	1.81 ± 0.001	0.39 0.001

4.3. Klorofil a, Klorofil b ve Çözünür Protein için Kalibrasyon Doğrularının Oluşturulması

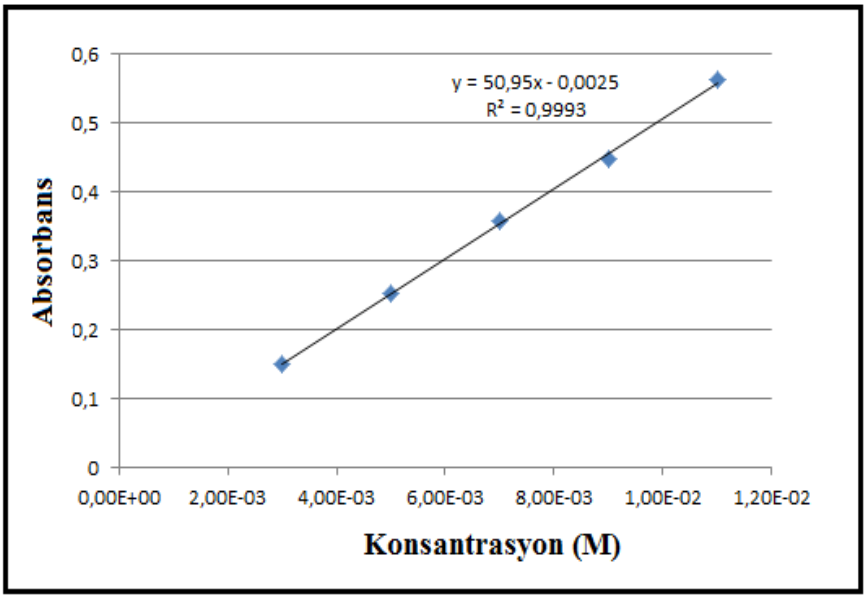
Klorofil a ve b için 1.10-6 – 10.10-6 M ve çözünür protein tayini için 3.10-3 – 0.011 M konsantrasyonları arasında hazırlanan standart çözeltilerinden yararlanılarak elde edilen kalibrasyon doğruları Şekil 4.7 – 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.7. Klorofil a'nın kalibrasyon doğrusu



Şekil 4.8. Klorofil b'nin kalibrasyon doğrusu



Şekil 4.9 Çözünür protein tayini için kalibrasyon doğrusu

4.4. Kompost Uygulaması Yapılan topraklarda yetişen buğday örneklerinin sap, yaprak ve tanelerine geçen PFOA ve PFOS miktarları

Kompost uygulaması yapılan topraklarda yetiştirilen buğdaylardan birer aylık periyotlar boyunca örnek alınarak sap, yaprak ve tanelerine geçen PFOA ve PFOS miktarları belirlenmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

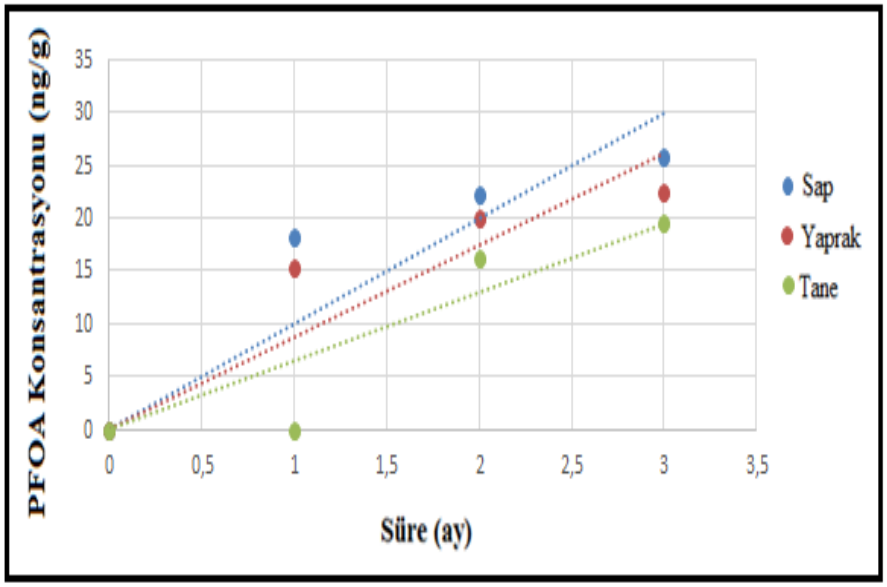
Çizelge 4.3.Buğday Örneklerinin PFOA ve PFOS İçerikleri

Örnek	Buğdayın bölümü	Süre (ay)	PFOA (µg/mL)	PFOS (µg/mL)
$Kompost_1$	Sap	1	18.21 ± 0.012	0.056 ± 0.001
		2	22.16 ± 0.014	0.084 ± 0.001
		3	25.82 ± 0.014	0.102 ± 0.001
	Yaprak	1	15.25 ± 0.011	0.038 ± 0.001
		2	19.92 ± 0.012	0.055 ± 0.001
		3	22.48 ± 0.014	0.085 ± 0.001
	Tane	1	----	----
		2	16.28 ± 0.011	0.022 ± 10^{-4}
		3	19.47 ± 0.012	0.036 ± 0.001
$Kompost_2$	Sap	1	8.22 ± 0.007	0.149 ± 0.001
		2	11.14 ± 0.008	0.172 ± 0.001
		3	13.62 ± 0.010	0.192 ± 0.001
	Yaprak	1	7.18 ± 0.005	0.118 ± 0.001
		2	9.27 ± 0.007	0.142 ± 0.001
		3	11.05 ± 0.008	0.173 ± 0.001
	Tane	1	----	----
		2	5.20 ± 0.004	0.058 ± 0.001
		3	7.41 ± 0.005	0.080 ± 0.001
$Kompost_3$	Sap	1	2.58 ± 0.002	0.052 ± 0.001
		2	5.62 ± 0.006	0.069 ± 0.001
		3	8.54 ± 0.006	0.103 ± 0.001
	Yaprak	1	1.12 ± 0.001	0.017 ± 10^{-4}
		2	3.54 ± 0.002	0.025 ± 10^{-4}
		3	6.02 ± 0.004	0.044 ± 0.001
	Tane	1	----	----
		2	2.54 ± 0.002	0.016 ± 10^{-4}
		3	3.81 ± 0.003	0.025 ± 10^{-4}

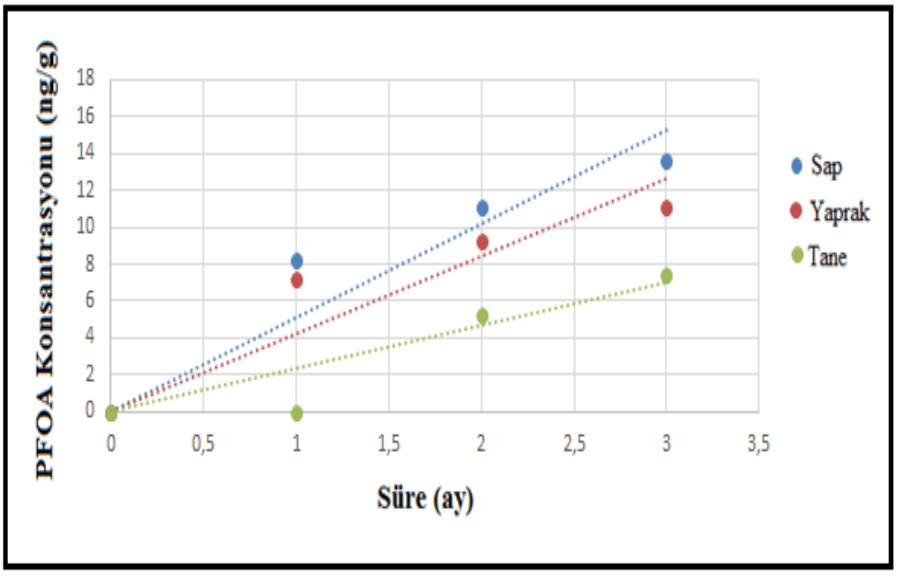
Çizelge 4.3. (Devam) Buğday Örneklerinin PFOA ve PFOS İçerikleri

Kompost$_4$	Sap	1	2.52 ± 0.002	0.046 ± 0.001
		2	5.59 ± 0.004	0.063 ± 0.001
		3	8.48 ± 0.006	0.098 ± 0.001
	Yaprak	1	1.06 ± 0.001	0.013 ± 10^{-4}
		2	3.40 ± 0.002	0.021 ± 10^{-4}
		3	5.91 ± 0.006	0.039 ± 0.001
	Tane	1	----	----
		2	2.49 ± 0.002	0.011 ± 10^{-4}
		3	3.73 ± 0.003	0.020 ± 10^{-4}
Kompost$_5$	Sap	1	2.48 ± 0.002	0.058 ± 0.001
		2	5.51 ± 0.006	0.087 ± 0.001
		3	8.36 ± 0.006	0.108 ± 0.001
	Yaprak	1	0.97 ± 0.001	0.047 ± 0.001
		2	3.34 ± 0.003	0.058 ± 0.001
		3	5.86 ± 0.004	0.092 ± 0.001
	Tane	1	----	----
		2	2.42 ± 0.002	0.027 ± 10^{-4}
		3	3.68 ± 0.003	0.044 ± 0.001
Tanık	Sap	1	0.33 ± 0.001	Nd
		2	0.54 ± 0.001	0.007 ± 10^{-4}
		3	0.72 ± 0.001	0.012 ± 10^{-4}
	Yaprak	1	0.11 ± 0.001	Nd
		2	0.24 ± 0.001	0.001 ± 10^{-4}
		3	0.33 ± 0.001	0.007 ± 10^{-4}
	Tane	1	----	----
		2	0.06 ± 0.001	Nd
		3	0.12 ± 0.001	0.002 ± 10^{-4}

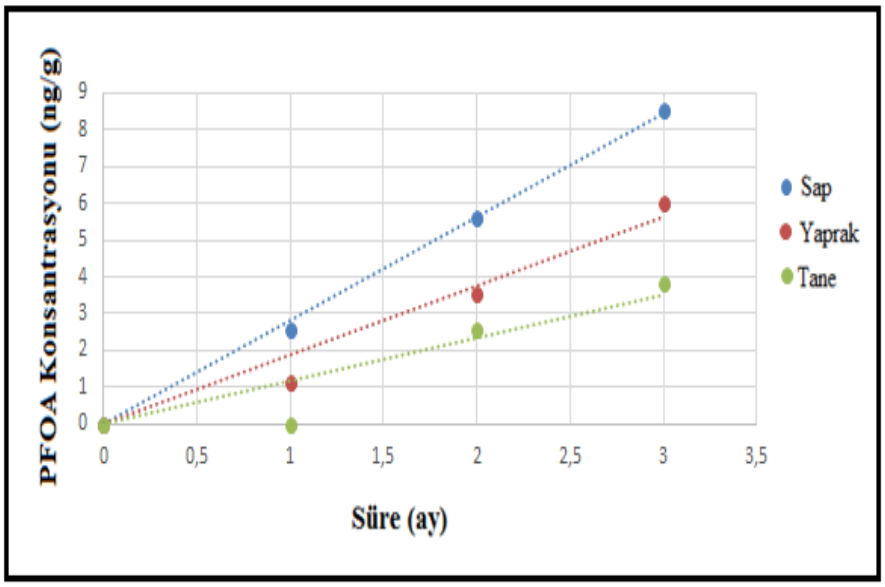
Buğdayların sap, yaprak ve tane kısımlarına geçen perflorlu bileşiklerin zamana bağlı olarak konsantrasyonlarında meydana gelen artışı daha net bir şekilde görebilmek amacıyla elde edilen değerler grafiklerle de gösterilmiştir (Şekil 4.10 – 4.21).



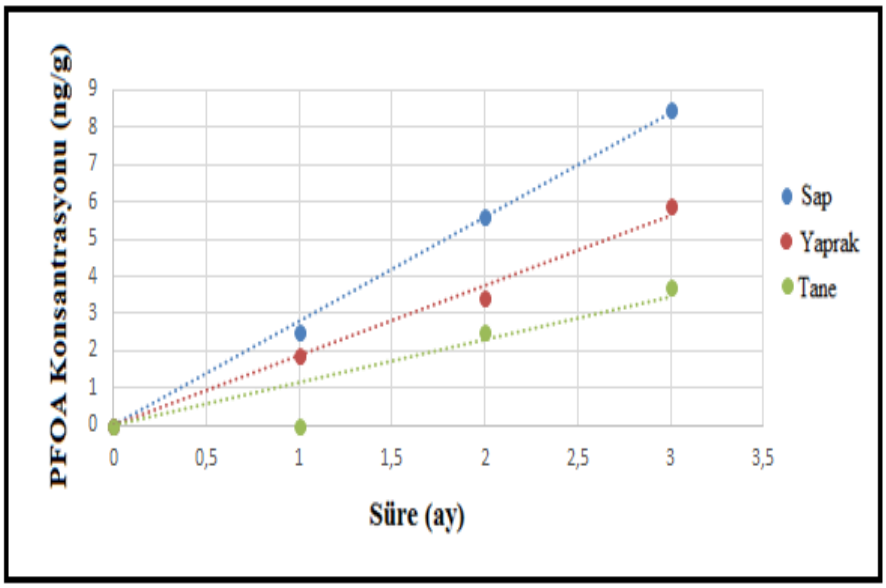
Şekil 4.10. Kompost$_1$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



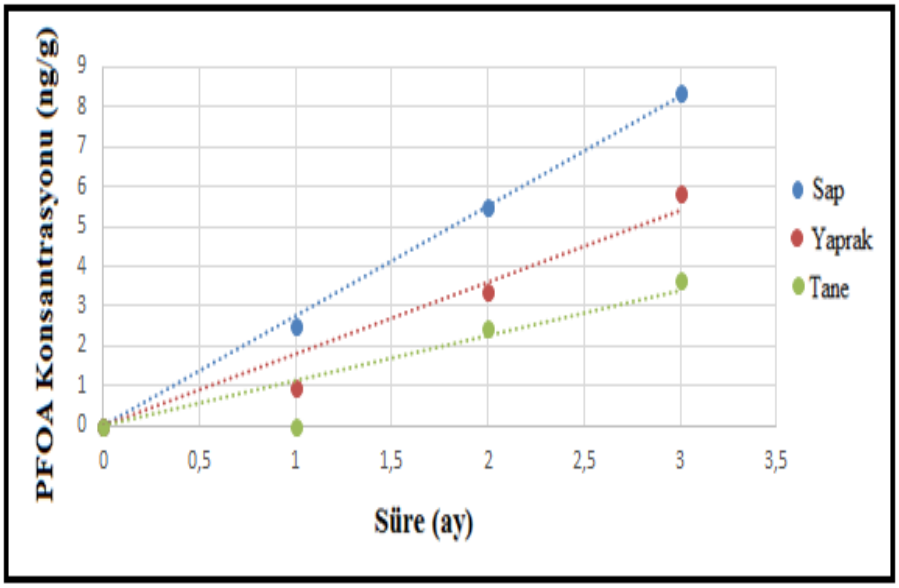
Şekil 4.11 Kompost$_2$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



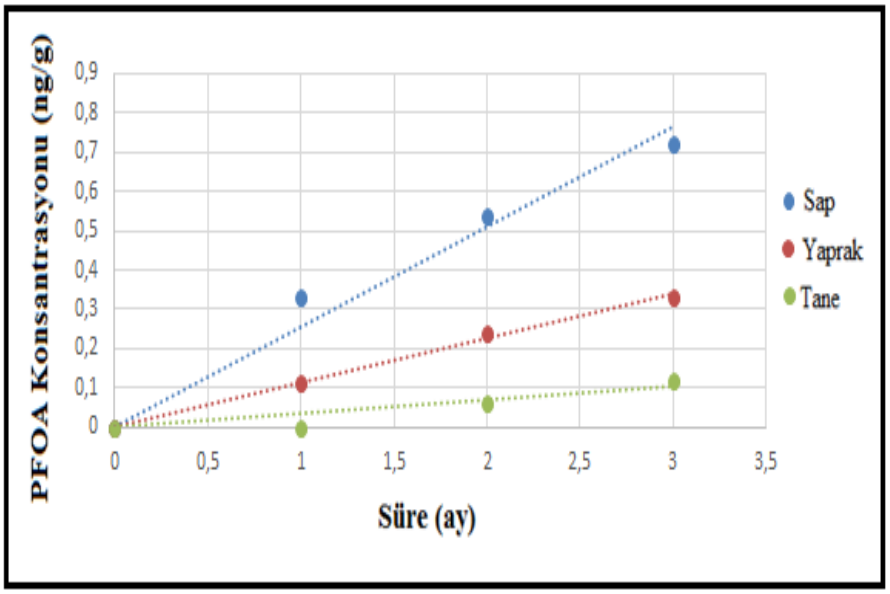
Şekil 4.12 Kompost$_3$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



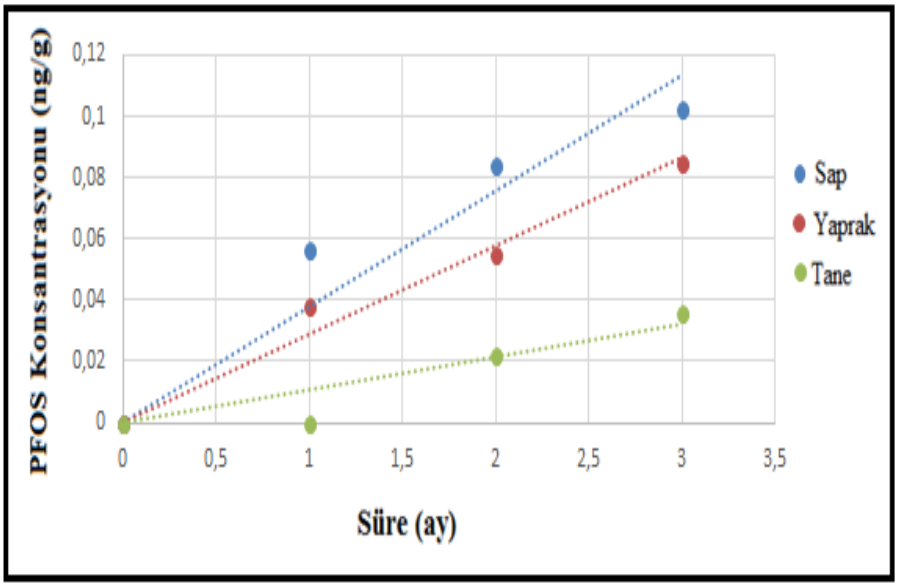
Şekil 4.13 Kompost$_4$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



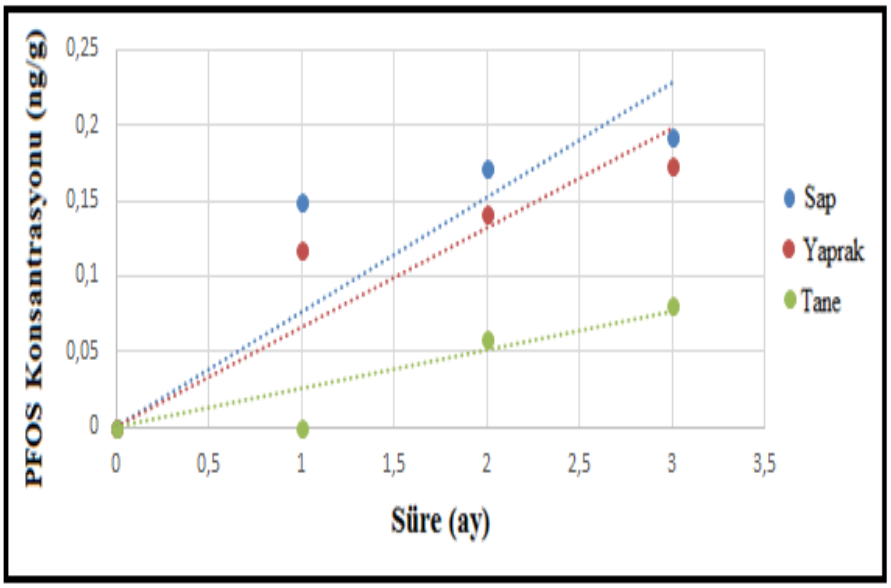
Şekil 4.14. Kompost$_5$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



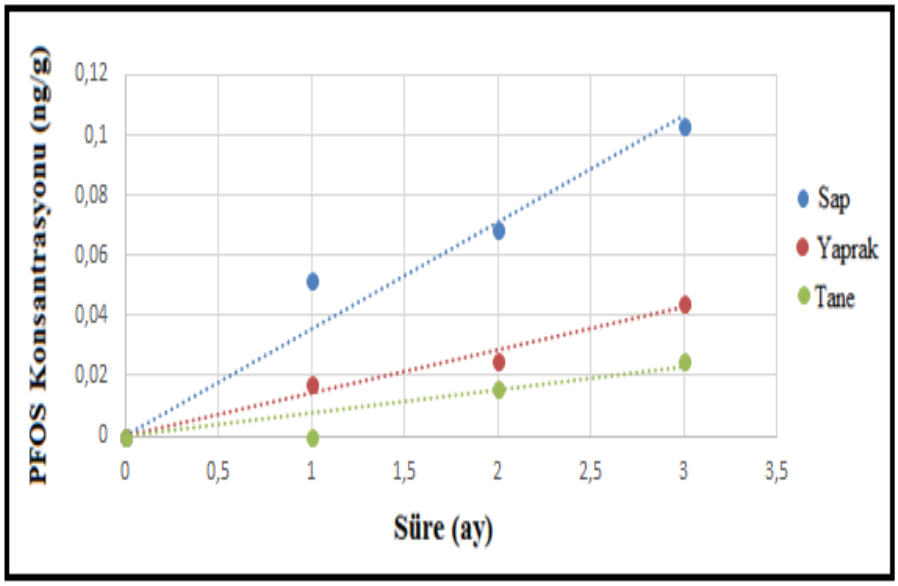
Şekil 4.15 Kompost uygulaması yapılmamış toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



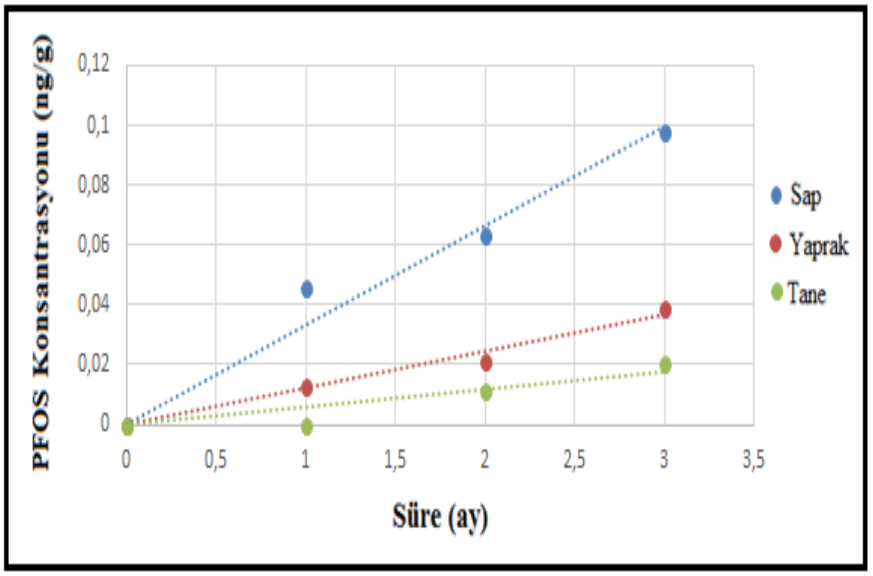
Şekil 4.16 Kompost$_1$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi



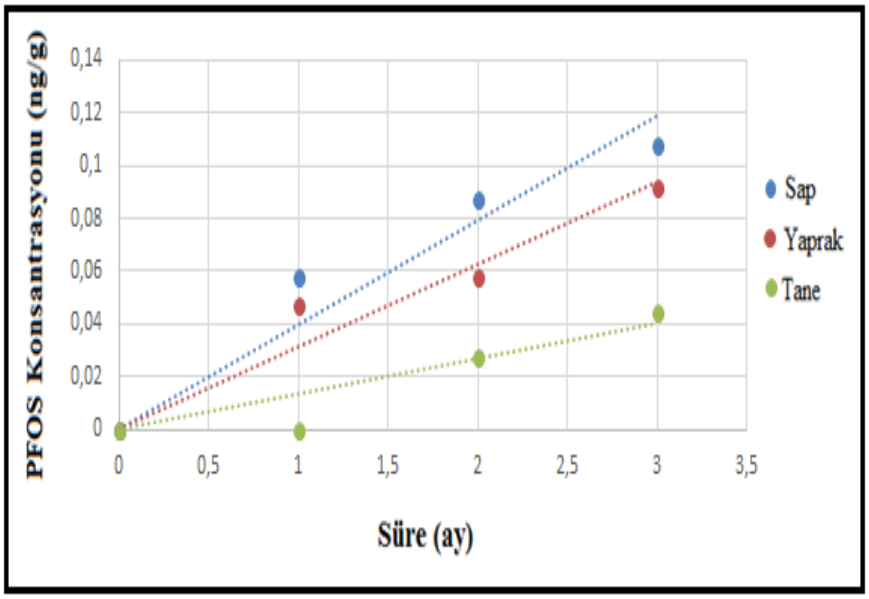
Şekil 4.17 Kompost$_2$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi



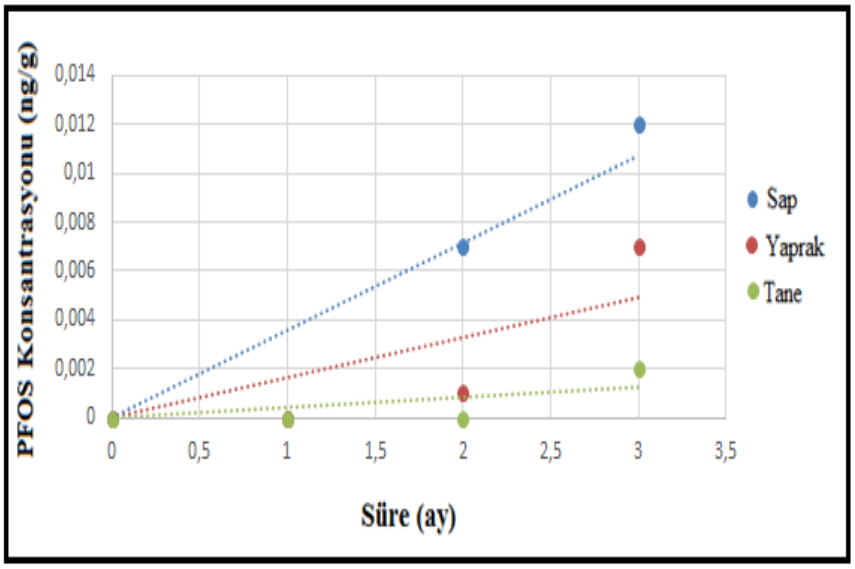
Şekil 4.18. Kompost$_3$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi



Şekil 4.19 Kompost$_4$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi



Şekil 4.20. Kompost$_5$ uygulaması yapılan toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi



Şekil 4.21 Kompost uygulaması yapılmamış toprakta yetişen buğdaylara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi

Yukarıdaki çizelge ve grafiklerden de görüleceği gibi kompost uygulaması yapılan topraklarda yetiştirilen buğday örneklerinin gerek sap, yaprak, gerekse de tanelerine daha fazla miktarlarda PFOA ve PFOS geçmektedir. Geçen miktarlar

maruziyet süresinin artması ile de artış göstermektedir. Kompostların perflorlu bileşik içeriği arttıkça buğday örneklerine geçen miktarlar da artmaktadır. Üç ayın sonunda kompost içermeyen topraklardan buğday örneklerinin saplarına ortalama 0.72 μg mL^{-1} PFOA ve 0.012 μg mL^{-1} PFOS; yapraklarına 0.33 μg mL^{-1} PFOA ve 0.007 μg mL^{-1} PFOS; tanelerine 0.12 μg mL^{-1} PFOA ve 0.002 μg mL^{-1} PFOS geçerken, en az PFOA içeren kompostun uygulandığı topraklarda yetişen buğday örneklerin saplarına ortalama 8.36 μg mL^{-1}; yapraklarına 5.86 μg mL^{-1}; tanelerine 3.68 μg mL^{-1} PFOA geçtiği, en az PFOS içeren kompostun uygulandığı topraklarda yetişen buğday örneklerin saplarına ortalama 0.098 μg mL^{-1}; yapraklarına 0.039 μg mL^{-1}; tanelerine 0.020 μg mL^{-1} PFOS geçtiği, en fazla PFOA içeren kompostun uygulandığı topraklarda yetişen buğday örneklerin saplarına ise 25.82 μg mL^{-1}; yapraklarına 22.48 μg mL^{-1}; tanelerine 19.47 μg mL^{-1} PFOA geçtiği, en fazla PFOS içeren kompostun uygulandığı topraklarda yetişen buğday örneklerin saplarına ise 0.192 μg mL^{-1}; yapraklarına 0.173 μg mL^{-1}; tanelerine 0.080 μg mL^{-1} PFOS geçtiği belirlenmiştir.

4.5. Perflorlu bileşiklerin, buğdayların klorofil ve çözünür protein sentezi üzerine etkileri

Perflorlu bileşiklerin, buğdayların klorofil ve çözünür protein sentezi üzerine etkilerini incelemek amacıyla, buğday yaprakları ilk çıktıkları zamanda ve sararmadan hemen önce toplanarak klorofil a, klorofil b ve çözünür protein düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4 – 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Perflorlu Bileşiklerin, Buğday Örneklerinin Klorofil A Düzeyleri Üzerine Etkisi

Klorofil a		
Örnek	**Başlangıçtaki Konsantrasyon(M)*10^{-6}**	**Sonraki Konsantrasyon(M)*10^{-6}**
$Kompost_1$	3.7	1.3
$Kompost_2$	5.9	2.1
$Kompost_3$	6.2	2.2
$Kompost_4$	6.4	2.3
$Kompost_5$	8.5	3.1
Tanık	9.7	4.3

Çizelge 4.5. Perflorlu Bileşiklerin, Buğday Örneklerinin Klorofil B Düzeyleri Üzerine Etkisi

Klorofil b		
Örnek	**Başlangıçtaki Konsantrasyon(M)*10^{-5}**	**Sonraki Konsantrasyon(M)*10^{-5}**
$Kompost_1$	5.8	2.1
$Kompost_2$	8.8	3.2
$Kompost_3$	9.1	3.3
$Kompost_4$	9.3	3.3
$Kompost_5$	12	4.3
Tanık	15	6.6

Çizelge 4.6. Perflorlu Bileşiklerin, Buğday Örneklerinin Çözünür Protein Sentezi Üzerine Etkisi

	Çözünür protein	
Örnek	**Başlangıçtaki Konsantrasyon(M)*10^{-3}**	**Sonraki Konsantrasyon(M)*10^{-3}**
$Kompost_1$	2.6	1.0
$Kompost_2$	3.9	1.6
$Kompost_3$	4.4	1.8
$Kompost_4$	4.9	2.0
$Kompost_5$	7.1	2.8
Tanık	8.7	4.3

Çizelgelerden de görüleceği gibi, kompost uygulaması yapılan topraklarda yetişen buğday örneklerinin gerek klorofil a, gerek klorofil b, gerekse de çözünür protein sentezlerinde azalma meydana gelmektedir. Perflorlu bileşiklere maruziyet miktarı ve süresi arttıkça da, azalma daha da artmaktadır.

4.6. Kompost uygulaması yapılan topraklarda yetişen mısır örneklerinin sap, yaprak ve tanelerine geçen PFOA ve PFOS miktarları

Kompost uygulaması yapılan topraklarda yetiştirilen mısırlardan birer aylık periyotlar boyunca örnek alınarak sap, yaprak ve tanelerine geçen PFOA ve PFOS miktarları belirlenmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.7'de verilmiştir.

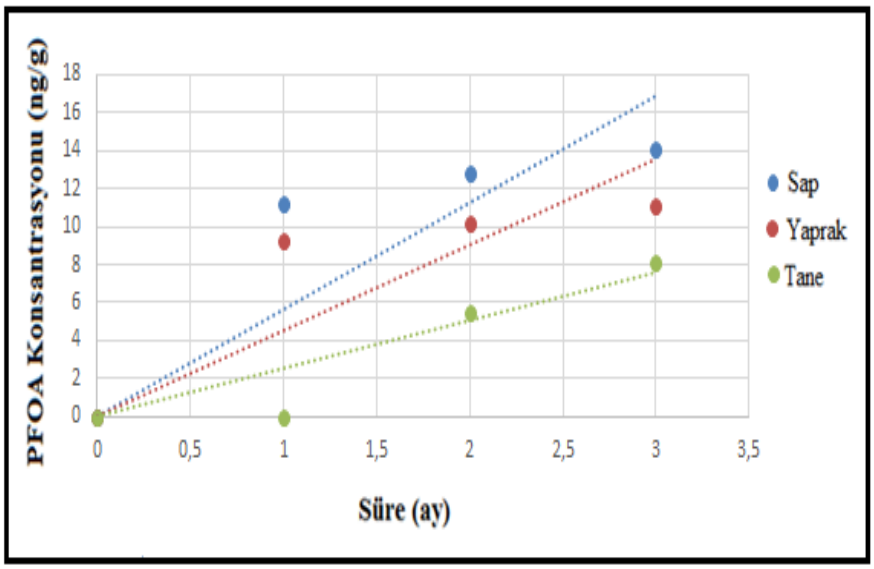
Çizelge 4.7. Mısır Örneklerinin PFOA ve PFOS İçerikleri

Örnek	Mısırın	Süre	PFOA	PFOS
$Kompost_1$	**Sap**	1	11.20 ± 0.012	0.038 ± 0.001
		2	12.86 ± 0.008	0.049 ± 0.001
		3	14.06 ± 0.009	0.062 ± 0.001
	Yaprak	1	9.30 ± 0.011	0.022 ± 10^{-4}
		2	10.22 ± 0.011	0.027 ± 10^{-4}
		3	11.13 ± 0.012	0.033 ± 10^{-4}
	Tane	1	----	----
		2	5.42 ± 0.004	0.017 ± 10^{-4}
		3	8.14 ± 0.006	0.029 ± 10^{-4}
$Kompost_2$	**Sap**	1	7.12 ± 0.006	0.049 ± 0.001
		2	8.44 ± 0.007	0.058 ± 0.001
		3	10.22 ± 0.011	0.085 ± 0.001
	Yaprak	1	5.06 ± 0.004	0.038 ± 0.001
		2	6.54 ± 0.004	0.054 ± 0.001
		3	8.08 ± 0.006	0.071 ± 0.001
	Tane	1	----	----
		2	2.26 ± 0.002	0.037 ± 0.001
		3	4.82 ± 0.003	0.063 ± 0.001
$Kompost_3$	**Sap**	1	2.26 ± 0.002	0.042 ± 0.001
		2	3.45 ± 0.002	0.049 ± 0.001
		3	4.92 ± 0.004	0.053 ± 0.001
	Yaprak	1	1.06 ± 0.001	0.011 ± 10^{-4}
		2	2.33 ± 0.002	0.023 ± 10^{-4}
		3	3.48 ± 0.002	0.030 ± 10^{-4}
	Tane	1	----	----
		2	0.89 ± 0.001	0.006 ± 10^{-4}
		3	1.66 ± 0.001	0.013 ± 10^{-4}

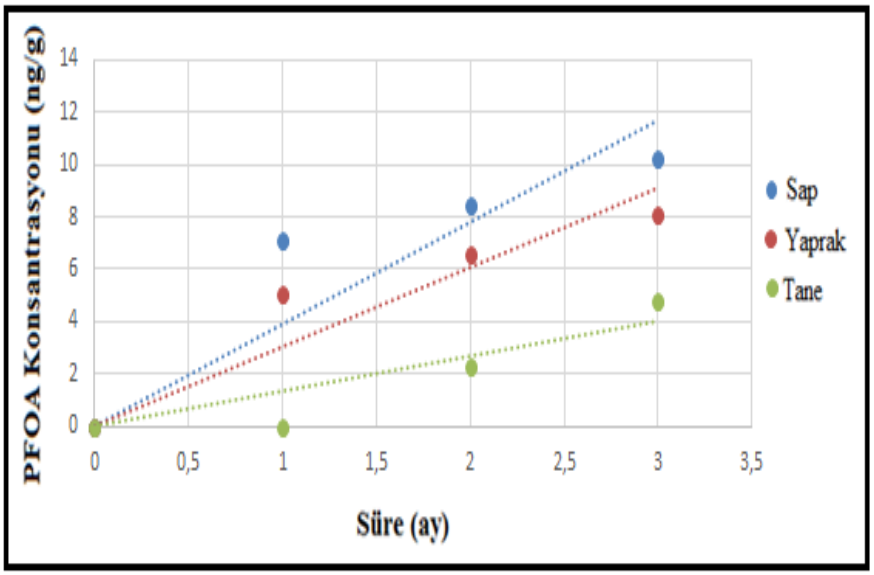
Çizelge 4.7. (Devam) Mısır Örneklerinin PFOA ve PFOS İçerikleri

Kompost$_4$	**Sap**	1	2.45 ± 0.001	0.039 ± 0.001
		2	3.58 ± 0.002	0.043 ± 0.001
		3	4.86 ± 0.004	0.048 ± 0.001
	Yaprak	1	1.05 ± 0.001	0.010 ± 10^{-4}
		2	2.16 ± 0.002	0.018 ± 10^{-4}
		3	3.27 ± 0.002	0.025 ± 10^{-4}
	Tane	1	----	----
		2	0.69 ± 0.001	0.009 ± 10^{-4}
		3	1.40 ± 0.001	0.016 ± 10^{-4}
Kompost$_5$	**Sap**	1	2.10 ± 0.002	0.038 ± 0.001
		2	3.25 ± 0.002	0.053 ± 0.001
		3	4.08 ± 0.003	0.070 ± 0.001
	Yaprak	1	0.94 ± 0.001	0.039 ± 0.001
		2	1.82 ± 0.002	0.052 ± 0.001
		3	2.69 ± 0.002	0.067 ± 0.001
	Tane	1	----	----
		2	0.92 ± 0.001	0.019 ± 10^{-4}
		3	1.06 ± 0.001	0.032 ± 10^{-4}
Tanık	**Sap**	1	0.29 ± 0.001	nd
		2	0.36 ± 0.001	nd
		3	0.45 ± 0.001	0.008 ± 10^{-4}
	Yaprak	1	0.08 ± 0.001	nd
		2	0.11 ± 0.001	nd
		3	0.17 ± 0.001	0.002 ± 10^{-4}
	Tane	1	----	----
		2	nd	nd
		3	0.06 ± 0.001	nd

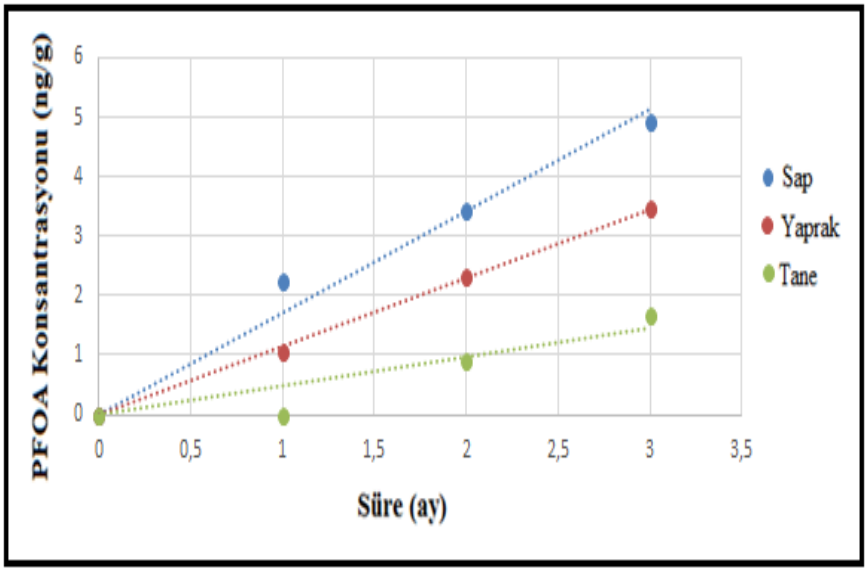
Mısırların sap, yaprak ve tane kısımlarına geçen perflorlu bileşiklerin zamana bağlı olarak konsantrasyonlarında meydana gelen artışı daha net bir şekilde görebilmek amacıyla elde edilen değerler grafiklerle de gösterilmiştir (Şekil 4.22 – 4.32).



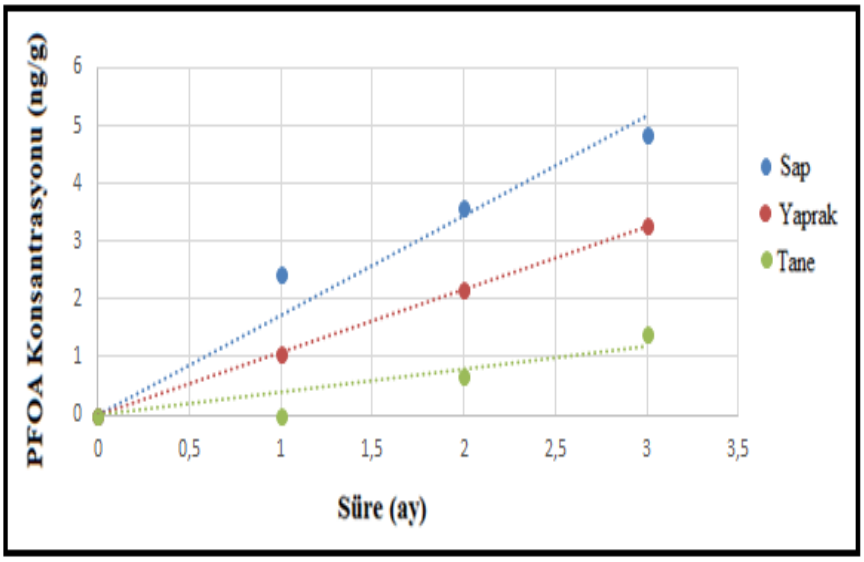
Şekil 4.22 Kompost$_1$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



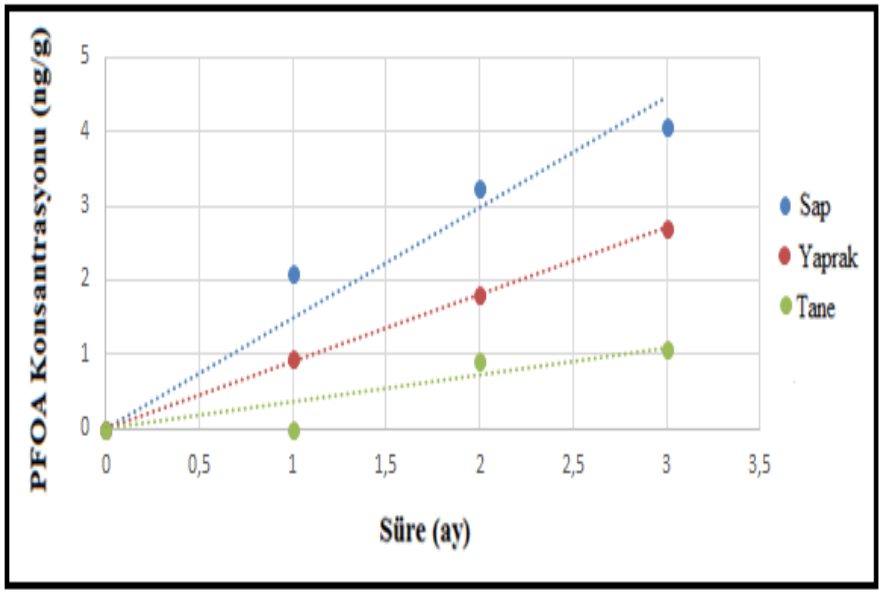
Şekil 4.23 Kompost$_2$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



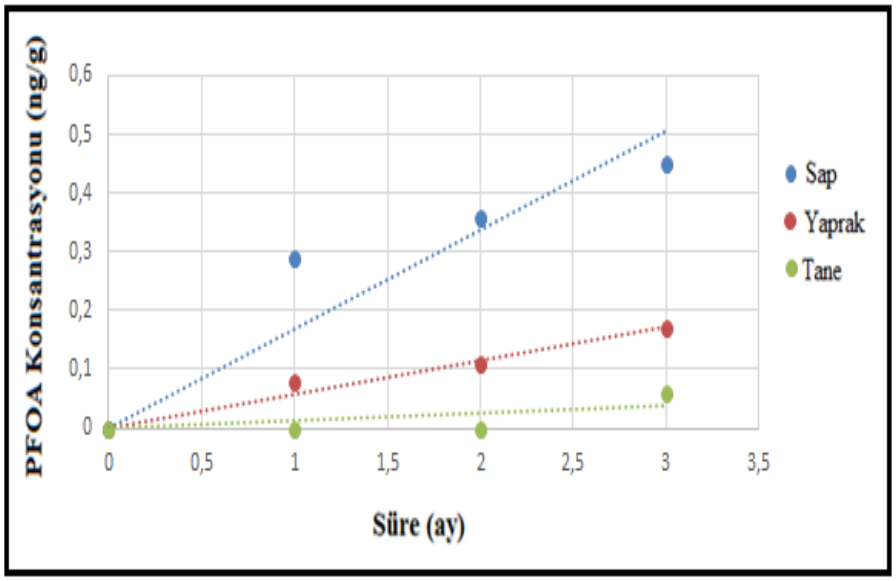
Şekil 4.24 Kompost$_3$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



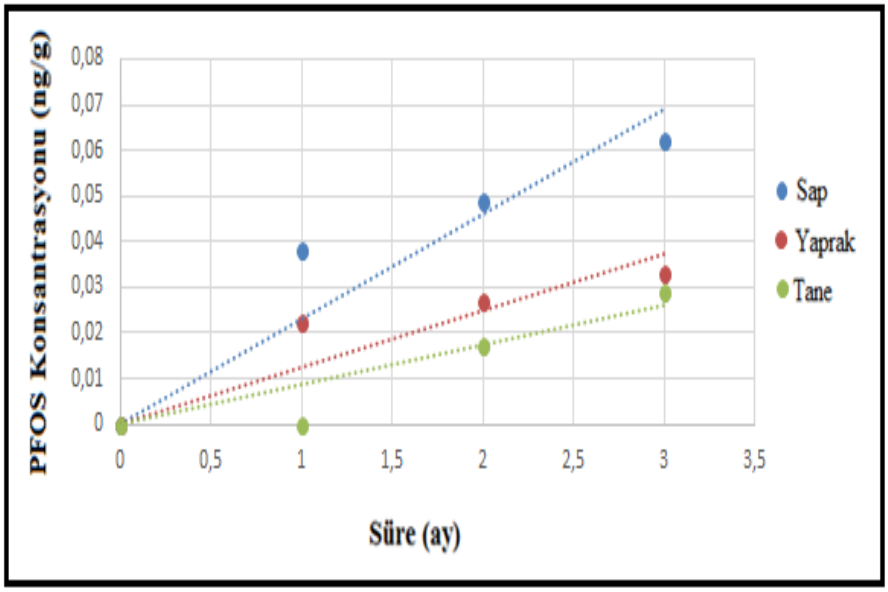
Şekil 4.25 Kompost$_4$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



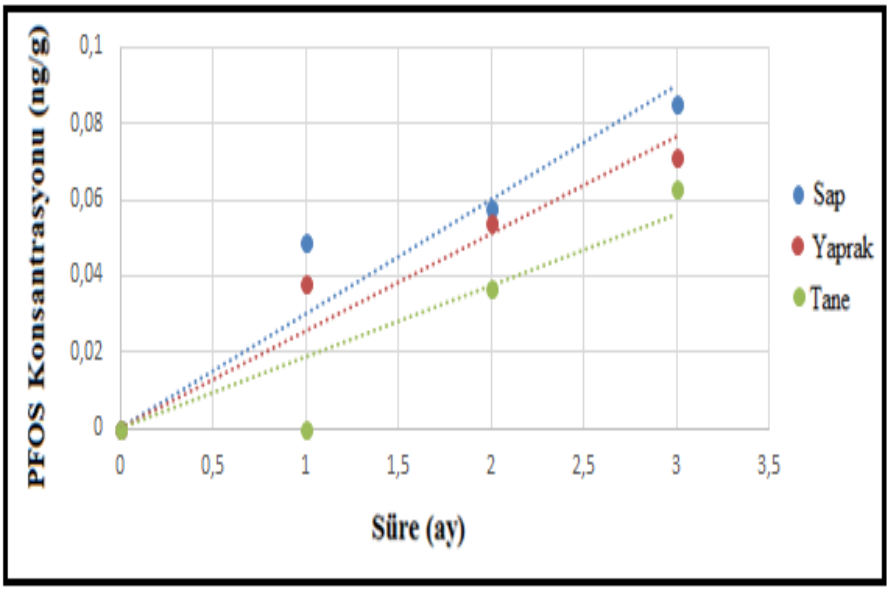
Şekil 4.26 Kompost$_5$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



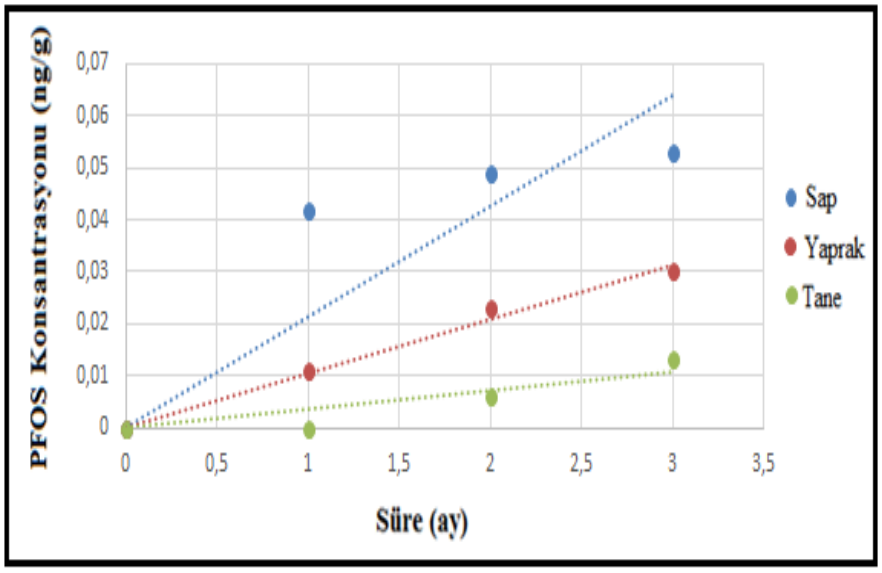
Şekil 4.27 Kompost uygulaması yapılmamış toprakta yetişen mısırlara geçen PFOA konsantrasyonunun zamanla değişimi



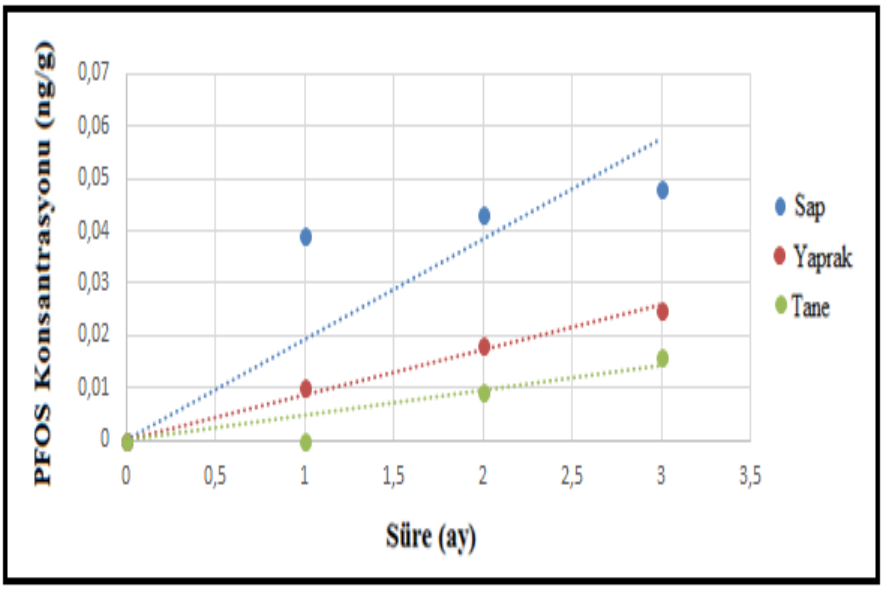
Şekil 4.28 Kompost$_1$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi



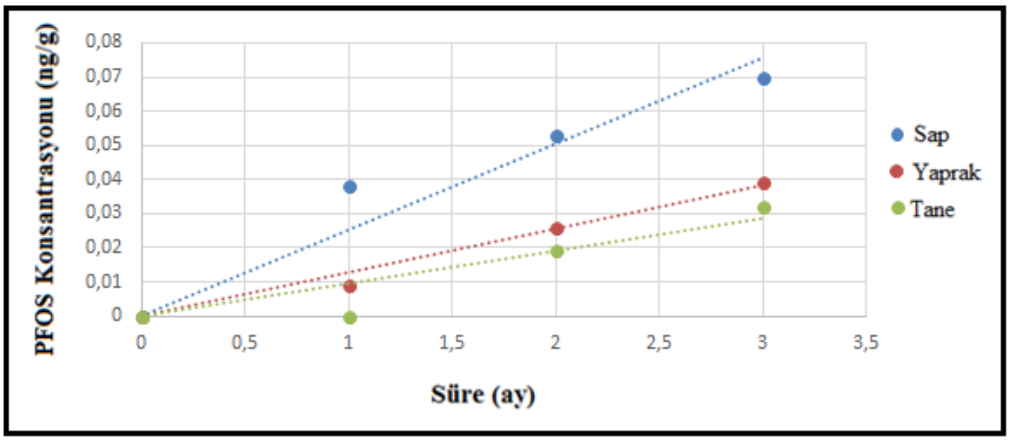
Şekil 4.29 Kompost$_2$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi



Şekil 4.30 Kompost$_3$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi



Şekil 4.31 Kompost$_4$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi



Şekil 4.32. Kompost$_5$ uygulaması yapılan toprakta yetişen mısırlara geçen PFOS konsantrasyonunun zamanla değişimi

Buğday örneklerine benzer şekilde, kompost uygulaması yapılan topraklarda yetiştirilen mısır örneklerinin de gerek sap, gerek yaprak, gerekse de tanelerine daha fazla miktarlarda PFOA ve PFOS geçmektedir. Geçen miktarlar maruziyet süresinin artması ile de artış göstermektedir. Kompostların perflorlu bileşik içeriği arttıkça mısır örneklerine geçen miktarlar da artmaktadır. Üç ayın sonunda kompost içermeyen topraklardan mısır örneklerinin saplarına ortalama 0.45 µg mL^{-1} PFOA ve 0.008 µg mL^{-1} PFOS; yapraklarına 0.17 µg mL^{-1} PFOA ve 0.002 µg mL^{-1} PFOS; tanelerine 0.06 µg mL^{-1} PFOA geçerken, en az PFOA içeren kompostun uygulandığı topraklarda yetişen mısır örneklerin saplarına ortalama 4.08 µg mL^{-1}; yapraklarına 2.69 µg mL^{-1}; tanelerine 1.06 µg mL^{-1} PFOA geçtiği, en az PFOS içeren kompostun uygulandığı topraklarda yetişen mısır örneklerin saplarına ortalama 0.048 µg mL^{-1}; yapraklarına 0.025 µg mL^{-1}; tanelerine 0.016 µg mL^{-1} PFOS geçtiği, en fazla PFOA içeren kompostun uygulandığı topraklarda yetişen mısır örneklerin saplarına 14.06 µg mL^{-1}; yapraklarına 11.13 µg mL^{-1}; tanelerine 8.14 µg mL^{-1} PFOA geçtiği, en fazla PFOS içeren kompostun uygulandığı topraklarda yetişen mısır örneklerin saplarına 0.085 µg mL^{-1}; yapraklarına 0.071 µg mL^{-1}; tanelerine 0.063 µg mL^{-1} PFOS geçtiği belirlenmiştir.

4.7. Perflorlu bileşiklerin, mısırların klorofil ve çözünür protein sentezi üzerine etkileri

Perflorlu bileşiklerin, mısırların klorofil ve çözünür protein sentezi üzerine etkilerini incelemek amacıyla, mısır yaprakları ilk çıktıkları zamanda ve sararmadan hemen önce toplanarak klorofil a, klorofil b ve çözünür protein düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8 – 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Perflorlu Bileşiklerin, Mısır Örneklerinin Klorofil A Düzeyleri Üzerine Etkisi

Klorofil a		
Örnek	**Başlangıçtaki Konsantrasyon(M)*10^{-6}**	**Sonraki Konsantrasyon(M)*10^{-6}**
$Kompost_1$	3.3	1.3
$Kompost_2$	3.6	1.5
$Kompost_3$	4.5	1.8
$Kompost_4$	5.4	2.2
$Kompost_5$	6.9	2.8
Tanık	8.7	4.4

Çizelge 4.9. Perflorlu Bileşiklerin, Mısır Örneklerinin Klorofil B Düzeyleri Üzerine Etkisi

Klorofil b		
Örnek	**Başlangıçtaki Konsantrasyon(M)*10^{-5}**	**Sonraki Konsantrasyon(M)*10^{-5}**
$Kompost_1$	4.1	1.7
$Kompost_2$	4.9	2.1
$Kompost_3$	6.8	2.7
$Kompost_4$	7.6	3.0
$Kompost_5$	15	6.0
Boş	18	9.0

Çizelge 4.10. Perflorlu Bileşiklerin, Mısır Örneklerinin Çözünür Protein Sentezi Üzerine Etkisi

	Çözünür protein	
Örnek	**Başlangıçtaki Konsantrasyon(M)*10^{-3}**	**Sonraki Konsantrasyon(M)*10^{-3}**
$Kompost_1$	1.6	7.0
$Kompost_2$	2.5	1.0
$Kompost_3$	2.9	1.2
$Kompost_4$	3.5	1.4
$Kompost_5$	5.7	2.3
Boş	7.3	3.7

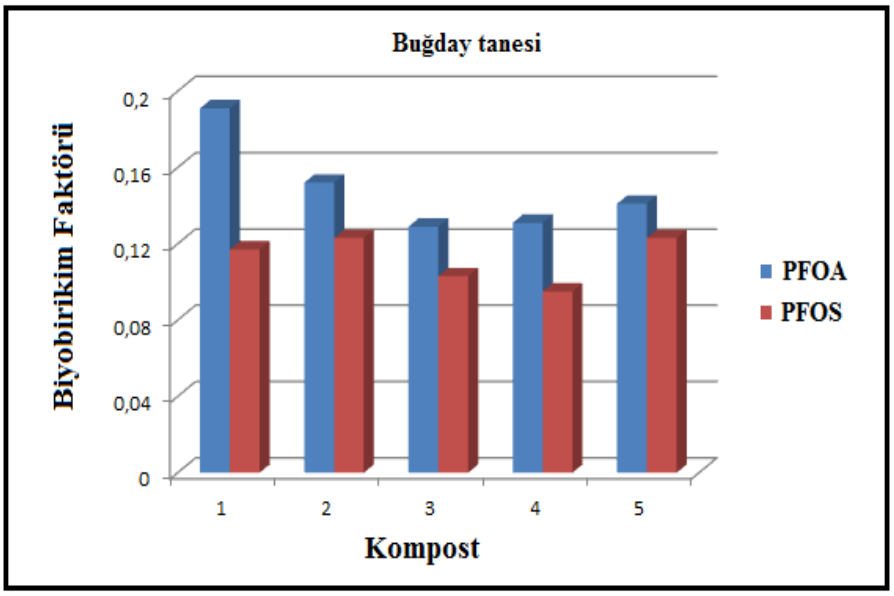
Çizelgelerden de görüleceği gibi, kompost uygulaması yapılan topraklarda yetişen mısır örneklerinin gerek klorofil a, gerek klorofil b, gerekse de çözünür protein sentezlerinde azalma meydana gelmektedir. Perflorlu bileşiklere maruziyet miktarı ve süresi arttıkça da, azalma daha da artmaktadır.

4.8. Buğday ve mısır örneklerinin biyobirikim ve transfer faktörleri

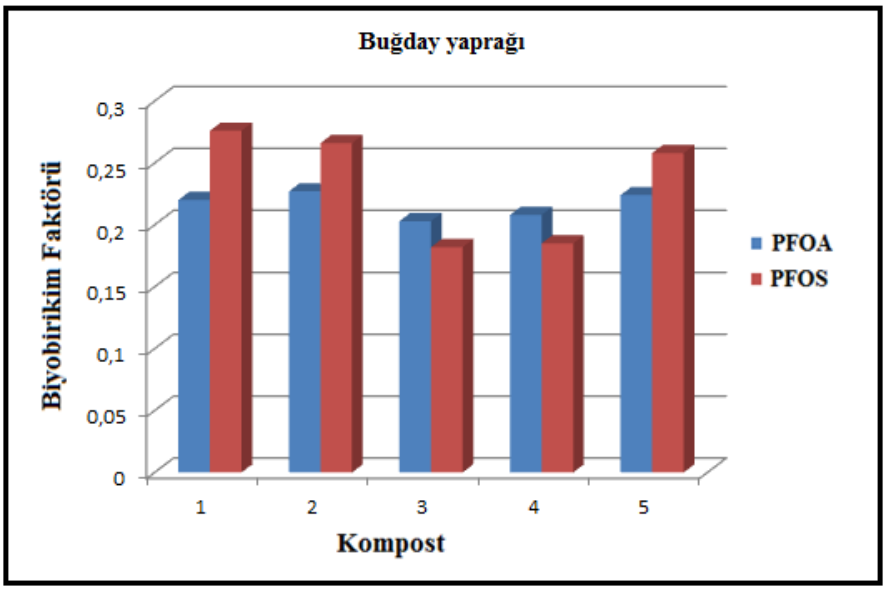
Liu ve arkadaşları (2019) tarafından belirtilen aşağıdaki formüller kullanılarak buğday ve mısır örnekleri için biyobirikim ve transfer faktörleri hesaplanmış ve elde edilen değerler grafiğe geçirilmiştir (Şekil 4.33-4.40).

$$Biyobirikim\ faktörü = \frac{Ekindeki\ perflorlu\ bileşik\ konsantrasyonu}{Topraktaki\ perflorlu\ bileşik\ konsantrasyonu}\ \left({}^{ng}/_{g}\right)$$

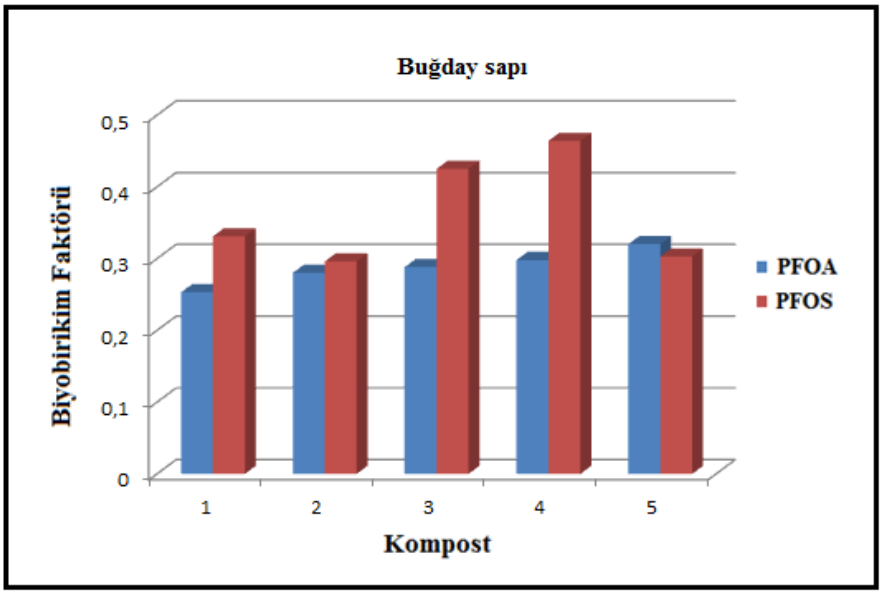
$$Transfer\ faktörü = \frac{Ekindeki\ perflorlu\ bileşik\ konsantrasyonu}{Kökteki\ perflorlu\ bileşik\ konsantrasyonu}\ \left({}^{ng}/_{g}\right)$$



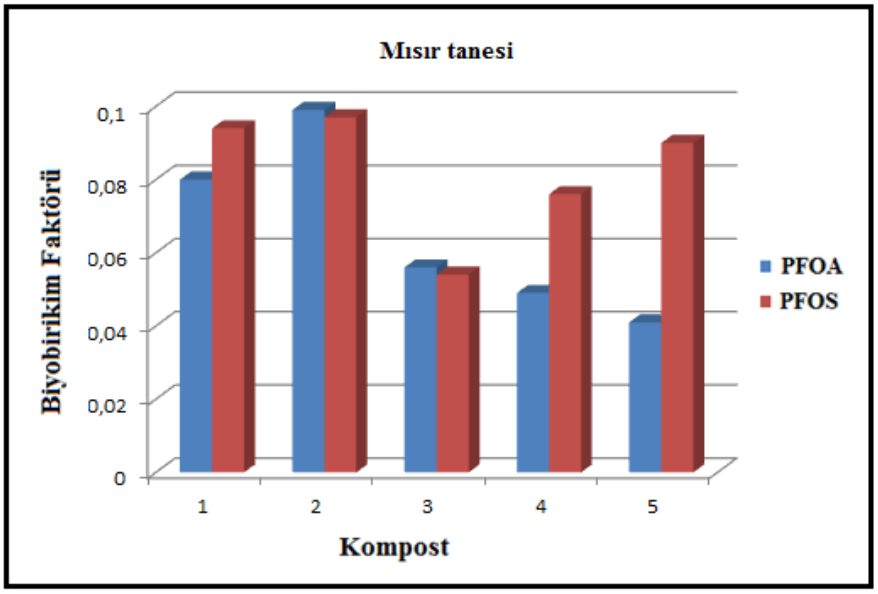
Şekil 4.33 Buğday tanesine ait biyobirikim faktörleri



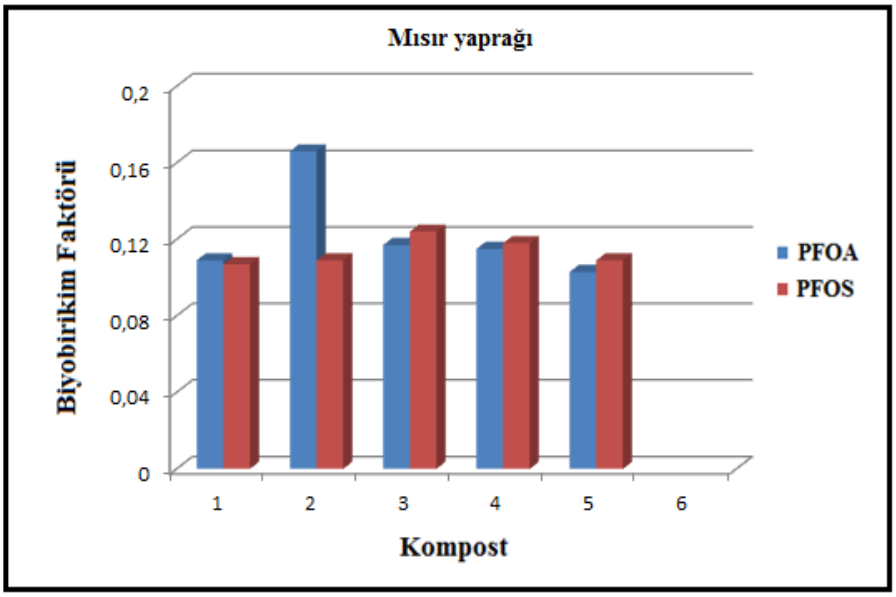
Şekil 4.34. Buğday yaprağına ait biyobirikim faktörleri



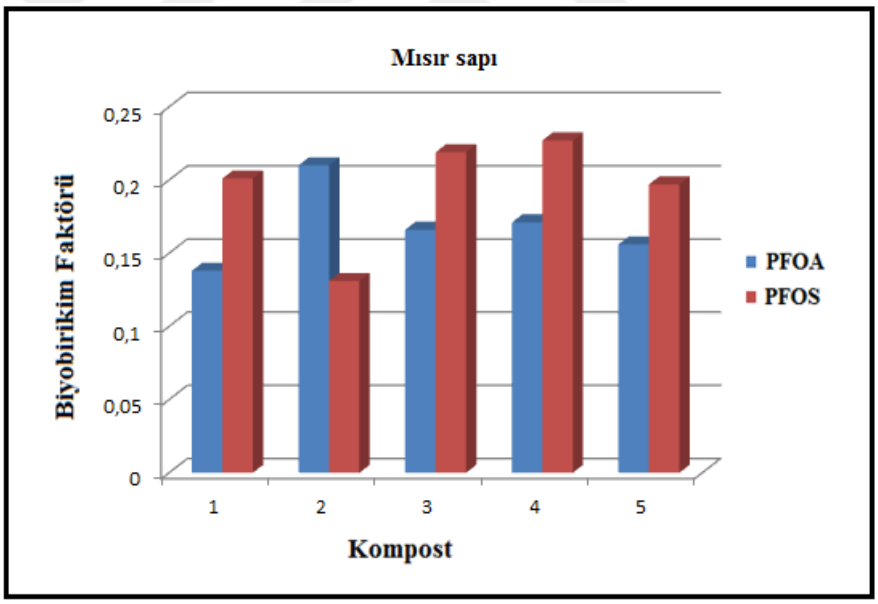
Şekil 4.35. Buğday sapına ait biyobirikim faktörleri



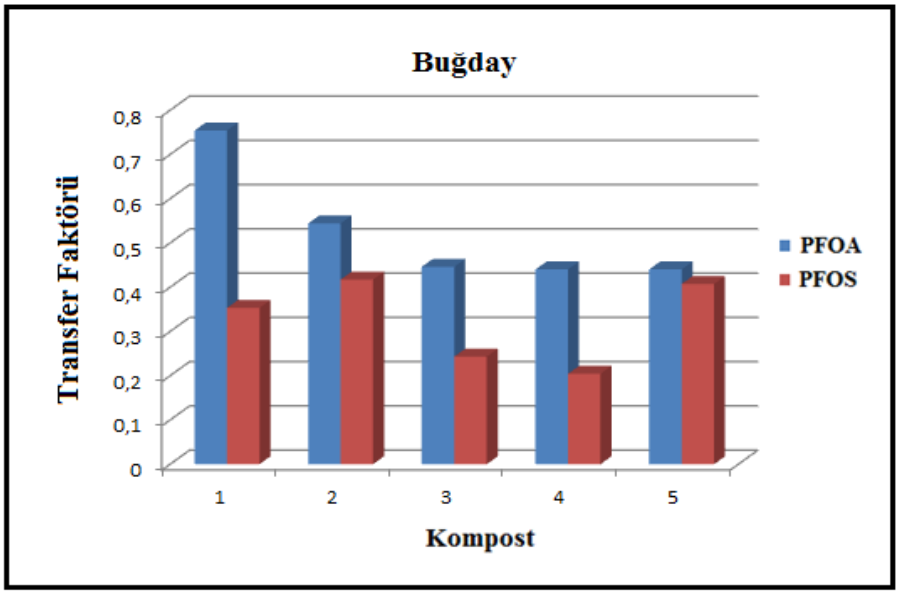
Şekil 4.36. Mısır tanesine ait biyobirikim faktörleri



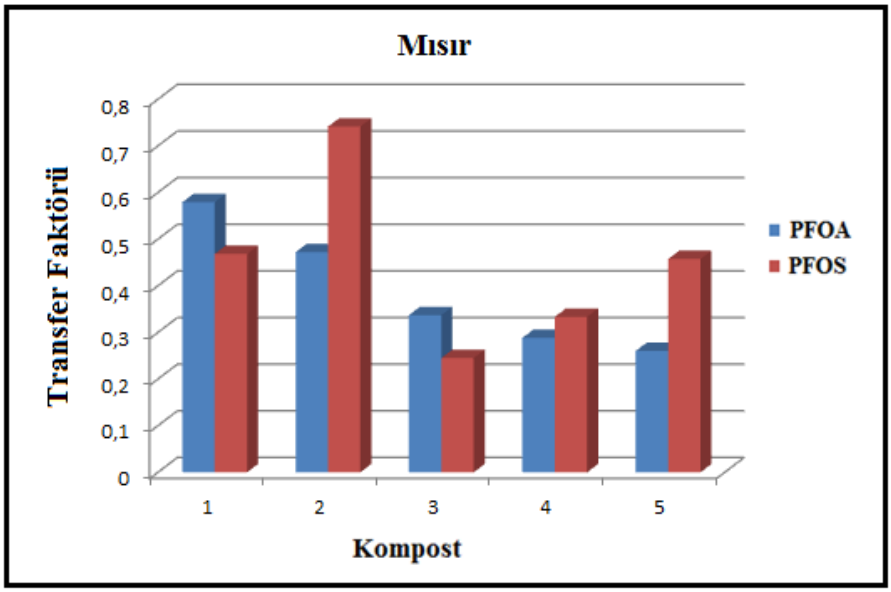
Şekil 4.37 Mısır yaprağına ait biyobirikim faktörleri



Şekil 4.38 Mısır sapına ait biyobirikim faktörleri



Şekil 4.39 Buğdaya ait transfer faktörleri



Şekil 4.40 Mısıra ait transfer faktörleri

Şekillerden de görüleceği gibi, buğday örneklerinin biyobirikim faktörleri mısır örneklerininkinden daha büyüktür. Her ikisi de tahıl ürünü olduğu için, literatürde mısır

ve buğdayı karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Bununla birlikte, Liu ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında, mısır ve buğday için elde edilen değerlerin bizim çalışmamızdaki değerlere yakın olduğu görülmektedir. Literatürde, perfloro karboksilik asitlerin perfloro sülfonik asitlere kıyasla bitkilerde kökten sapa doğru daha kolay hareket ettiği belirtilmektedir (Wen ve ark., 2014). Bizim çalışmamız bu görüşü tamamen desteklememektedir. Bu durum, perfloro karboksilik asit ve perfloro sülfonik asit gruplarından sadece birer örnek ile çalışmış olmamızda bunun sebeplerinden biridir. Önceki çalışmalar, daha yüksek $\log_{10}K_{OW}$ değerlerine sahip daha uzun zincirli perflorlu bileşiklerin topraktaki organik maddelerle daha kolay birleştiğini ve daha düşük rizosferik hareketlilik ve biyoyararlanım sergilediğini göstermiştir (Liu ve ark., 2019). PFOA ve PFOS'un zincir uzunluklarının aynı olması ve $\log_{10}K_{OW}$ değerlerinin de yakın olması nedeniyle, çalışmamızda bu konuda değerlendirme yapılamamıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Her geçen gün kanser vakaları artmaktadır. Perflorlu bileşikler, endokrin bozucular içerisinde yarı ömrü en yüksek olan, hidroliz, fotoliz ve mikrobiyal bozulmalara karşı en dirençli olan ve insan vücudundan en uzun sürede atılabilen bileşiklerdir. Bu bileşikler besin zinciri yoluyla taşındıklarından, insan beslenmesinde önemli bir yer tutan sebze ve meyvelerin yetiştiği tarım alanlarının kontaminasyondan uzak tutulması son derece önemlidir. Çöp alanlarının yetersiz olması nedeniyle, son yıllarda kompost uygulamaları sıkça kullanılmaya başlamıştır. Tarım faaliyetlerinin sürdürüldüğü toprakların perflor içeriklerinin saptanması sağlık açısından büyük önem taşımaktadır.

İncelenen kompost örneklerinin 26.1 - 102 μg mL^{-1} arasında PFOA ve 0.211 – 0.649 μg mL^{-1} arasında PFOS içerdiği belirlenmiştir. Kompost uygulaması yapılan topraklarda yetiştirilen buğday örneklerinin saplarına 8.36 – 25.82 μg mL^{-1} arasında PFOA ve 0.098 – 0.192 μg mL^{-1} arasında PFOS; yapraklarına 5.86 – 22.48 μg mL^{-1} arasında PFOA ve 0.039 – 0.173 μg mL^{-1} arasında PFOS; tanelerine 3.68-19.47 μg mL^{-1} arasında PFOA ve 0.020 – 0.080 μg mL^{-1} arasında PFOS geçtiği saptanmıştır. Benzer şekilde, mısır örneklerinin saplarına 4.08 – 14.06 μg mL^{-1} arasında PFOA ve 0.048 – 0.085 μg mL^{-1} arasında PFOS; yapraklarına 2.69 – 11.13 μg mL^{-1} arasında PFOA ve 0.025 – 0.071 μg mL^{-1} arasında PFOS; tanelerine 1.06 – 8.14 μg mL^{-1} arasında PFOA ve 0.016 – 0.063 μg mL^{-1} arasında PFOS geçtiği belirlenmiştir. Buğday ve mısır örnekleri karşılaştırıldığında, perflorlu bileşiklerin buğday örneklerine daha fazla miktarlarda geçtiği görülmektedir. Ne yazık ki, bu bitkileri yiyen insan ve hayvanlara perflorlu bileşiklerin geçişi söz konusu olmaktadır. Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu (EFSA) tarafından günlük maksimum alınabilecek dozlar PFOA ve PFOS için sırası ile 1500 μg/kg bw ve 150 μg/kg bw olarak belirlenmiştir. Her ne kadar buğday ve mısır örneklerine geçen miktarlar bu değerlerden çok daha düşükse de, perflorlu bileşiklere tüketilen birçok gıda yoluyla maruz kaldığımız ve bu bileşiklerin insan vücuduna girdikten sonra çok uzun yıllar boyunca vücuttan atılamadığı göz önüne alındığında tehlike arz etmektedir.

Ayrıca, kompost uygulaması yapılan topraklarda yetişen buğday ve mısır örneklerinin gerek klorofil a, gerek klorofil b, gerekse de çözünür protein sentezlerinde azalma meydana gelmektedir. Perflorlu bileşiklere maruziyet miktarı ve süresi arttıkça da, azalma daha da artmaktadır. Bu da, bitkilerde fotosentez yapımının azaldığını ve büyüme verimlerinin düştüğünü göstermektedir.

Sonuç olarak, perflorlu bileşikler bitkiler, hayvanlar, insanlar, kısacası tüm canlılar açısından zararlı kimyasallardır. Kontaminasyon seviyeleri daha da artmadan topraklarımızın bu zararlı kimyasallardan arındırılması gerekmektedir. Kompost oluşturulurken bileşikleri içerebileceği düşünülen maddelerin kullanılmaması ve bu tür maddelerin biyolojik bozunmaya uğratılarak perflorlu madde içeriklerinin azaltılması bir alternatif olabilir.

KAYNAKLAR

Ateş, N.S., Çelik, S.K., 2008. Perflorooktansülfonat (PFOS) ve perfloroktan asitin amnion hücre serisindeki apoptotik etkisinin in – vitro araştırılması, Tübitak Proje No: 107S128.

ATSDR, 2015. Draft toxicological profile for perfluoroalkyls, www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200.pdf , 20.01.2020.

Bao, L.J., Maruya, K.A., Snyder, S.A., Zeng, E.Y., 2012. China's water pollution by persistent organic pollutants, **Environmental Pollution,** 163, 100-108.

Barbarossa, A., Gazzotti, T., Zironi, E., Serraino, A., Pagliuca, G., 2014. Monitoring the presence of perfluoroalkyl substances in Italian cow milk, **J Dairy Sci.,** 97(6), 3339- 3343.

Bizkarguenaga, E., Zabaleta, I., Mijangos, L., Iparraguirre, A., Fernández, L.A., Prieto, A., Zuloaga, O. 2016. Uptake of perfluorooctanoic acid, perfluorooctane sulfonate and perfluorooctane sulfonamide by carrot and lettuce from compost amended soil. **Science of the Total Environment,** 571, 444-451.

Blaine, A. C., Rich, C.D., Sedlacko, E.M., Hundal, L.S., Kumar, K., Lau, C., Mills, M.A., Harris, K.M., Higgins, C.P. 2014. Perfluoroalkyl acid distribution in various plant compartments of edible crops grown in biosolids - amended soils, **Environ Sci Technol.,** 48, 7858-7865.

Carlsson, P., Herzke, D., Kallenborn, R. 2014. Polychlorinated biphenyls (PCBs),
polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and perfluorinated alkylated substances (PFASs) in traditional seafood items from western Greenland, **Environ Sci Pollut Res.,** 21, 4741-4750.

Castiglioni, S., Valsecchi, S., Polesello, S., Rusconi, M., Melis, M., Palmiotto, M., Manenti, A.,Davoli, E., Zuccato, E. 2015. Sources and fate of perfluorinated compounds in the aqueous environment and in drinking water of a highly urbanized and industrialized area in Italy, **J Hazard Mater,** 282, 51-60.

Cheremisinoff, N.P. 2016. **Perfluorinated Chemicals (PFCs):Contaminants of Concern,** John Wiley & Sons, Incorporated, United States.

Ciccotelli, V., Abete, M.C., Squadrone, S. 2016. PFOS and PFOA in cereals and fish: Development and validation of a high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry method, **Food Control,** 59, 46-52.

D'Hollander, W., De Voogt, P., Bervoets, L. 2011. Accumulation of perfluorinated chemicals in Belgian home - produced chicken eggs, **Organohalogen Compd.,** 73, 917–920.

D'Hollander, W., Herzke, D., Huber, S., Hajslova, J., Pulkrabova, J., Brambilla, G., De Filippis, S.P., Bervoets, L., De Voogt, P. 2015. Occurrence of perfluorinated alkylated substances in cereals, salt, sweets and fruit items collected in four European countries, **Chemosphere,** 129, 179-185.

Domingo,J.L., Ericson - Jogsten I., Perello, G., Nadal, M., Bavel, B.V., Karrman, A. 2012. Human exposure to perfluorinated compounds in Catalonia, Spain: Contribution of dirinking water and fish and shellfish, **J Agr Food Chem.,** 60, 4408-4415.

EFSA, 2008. Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain, **The EFSA Journal**, 653, 1-131.

Endirlik, B.U., Gürbay, A. 2013. Perflorooktanoik Asitin Toksik Etkileri, **Toksikoloji Bülteni,** 36, 7-8.

Eriksson, U., Kärrman, A., Rotander, A., Mikkelsen, B., Dam M., 2013. Perfluoroalkyl substances (PFASs) in food and water from Faroe Islands, **Environ Sci Pollut Res.,** 20, 7940–7948.

Felizeter S, McLachlan M. S, De Voogt P,. 2012. Uptake of perfluorinated alkyl acids byhydroponically grown lettuce (Lactuca sativa). **Environmental Science & Technology,** 46, 11735-11743.

Guerranti C,, Perra G, Corsolini S., Focard, S.E. 2013. Pilot study on levels of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in selected foodstuffs and human milk from Italy, **Food Chem.,** 140, 197-203.

Haase, H., Brieger, A, Bienefeld, N., Hasan, R., Goerlich, R. 2010. Impact of perfluorooctanesulfonate and perfluorooctanoic acidon human peripheral leukocytes, **Toxicology in Vitro,** 25, 960–968.

Haug, L.S., Salihovic, S., Jogsten, I.E., Thomsen, C., Van Bavel, B., Lindström, G., Becher, G. 2010. Levels in food and beverages and daily intake of perfluorinated compounds in Norway, **Chemosphere,** 80, 1137-1143.

Heo, J.J., Lee, J.W., Kim, S.K., Oh, J.E. 2014. Foodstuff analyses show that seafood and water are major perfluoroalkyl acids (PFAAs) sources to humans in Korea, **J Hazard Mater,** 279, 402-409.

Herzke, D., Huber, S., Bervoets, L., D'Hollander, W., Hajslova, J., Pulkrabova, J., Brambilla, G., De Filippis, S. P., Klenow, S., Heinemeyer, G., De Voogt, P. 2013. Perfluorinated alkylated substances in vegetables collected in four European countries; occurrence and human exposure estimations, **Environ Sci Pollut Res.,** 20, 7930-7939.

Hlouskova, V., Hradkova, P., Poustka, J., Brambilla, G., De Filipps, S.P., D'Hollander, W., Bervoets, L., Herzke, D., Huber, S., De Voogt, P., Pulkrabova, J. 2013. Occurrence of perfluoroalkyl substances (PFASs) in various food items of animal origin collected in four European countries, **Food Addid Contam Part A,** 30(11), 1918-1932.

İSTAÇ, 2015. Kompost El Kitabı. Acar Matbaacılık Promosyon ve Yayıncılık San. ve Tic. Şti., İstanbul.Lan Z., Zhou M., Yao Y., Sun H. 2018. Plant uptake and translocation of perfluoroalkyl acidsin a wheat–soil system. **Environmental Science and Pollution Research**, 25, 30907–30916.

Larsen, P. B., Giovalle,, E. 2015, Perfluoroalkylated substances: PFOA, PFOS and PFOSA, Environmental project No. 1665.

Liu, X., Zhang, H., Li, J., Shen, J., Xiao, C., Zhao, F. 2016. Investigation of contamination levels of perfluorinated compounds in eggs from nine coastal provinces of China, **Food Sci.,** 37(4), 191-196.

Liu, Z.,, Lu, Y.,, Song, X.,, Jones, K., Sweetman, A.J., Johnson, A.C., Zhang, M., Lu, X., Su, C. 2019. Multiple crop bioaccumulation and human exposure of perfluoroalkyl substances around a mega fluorochemical industrial park, China: Implication for planting optimization and food safety. **Environment International,** 127, 671-684.

Loos, R., Locoro, G., Huber, T., Wollgast, J., Christoph, E.H., Jager, A., Gawlik, B.M., Hanke, G., Umlauf, G., Zaldıvar, J. S. 2008. Analysis of perfluorooctanoate (PFOA) and other perfluorinated compounds (PFCs) in the river Po Watershed in N-Italy, **Chemosphere,** 71, 306–313.

Munschy, C., Olivier, N., Veyrand, B., Marchand, P. 2015. Occurrence of legacy and emerging halogenated organic contaminants in marine shellfish along French coasts, **Chemosphere,** 118, 329-335.

Navarro, I., De La Torre, A., Sanz, P., Porcel, M.A., Pro, J.,Carbonell, G., De Los Ángele Martínez, M. 2017. Uptake of perfluoroalkyl substances and halogenated flame retardants by crop plants grown in biosolids-amended soils. **Environmental Research,** 152, 199-206.

Onul, M. 2012. Qualitative and quantitative analysis of perfluoro compounds (PFCs) in textiles, leather and paper materials using LC/MS/MS, **Turkchem,** Ekim, 28-32.

Paiano, V., Fattore, E., Carra, A., Generoso, C., Fanelli, R., Bagnati, R. 2012. Liquid chromatography – tandem mass spectrometry analysis of perfluorooctane sulfonate and perfluorooctanoic acid in fish fillet samples, **J Anal Methods Chem.,** 2012, 5 pages.

Pan, G., Zhou, Q., Luan, X., Shiang, Fu, Q. 2014. Distribution of Perfluorinated Compounds in Lake Taihu (China): Impact to human health and water standards, **Science of the Total Environment,** 487, 778-784.

Perez, F., Llorca, M., Köck,-Schulmeyer, M., Skrbic, B., Oliveira, L.S., Martinello, K.B., Al-Dhabi, N. A., Antic, I., Farre, M., Barcelo, D. 2014. Assessment of perfluoroalkyl substances in food items at global scale, **Environ Res.,** 135, 181-189.

Qu, B,., Zhao, H., Zhau, J. 2010. Toxic effects of perfluorooctane sulfonate (PFOS) on wheat (Triticum aestivum L.) plant. **Chemosphere,** 79, 555-560.

Renzi, M., Guerranti, C., Giovani, A., Perra, G., Focardi, S. E. 2013. Perfluorinated compounds: Levels, trophic web enrichments and human dietary intakes in transitional water ecosystems, **Marine Pollution Bulletin,** 76, 146–157.

Schwanz, T.G., Llorca, M., Farre, M., Barcelo, D. 2016. Perfluoroalkyl substances assessment in drinking waters from Brazil, France and Spain, **Sci Total Environ.,** 539, 143-152.

Sepulvado, J. G., Blaine, A. C., Hundal, L. S., Higgins, C. P. 2011. Occurrence and fate of perfluorochemicals in soil following the land application of municipal biosolids. **Environmental Science & Technology,** 45, 8106-8112.

Shankar, A., Xiao, J., Ducatman, A. 2011. Perfluoroalkyl chemicals and chronic kidney disease in US adults, **American Journal of Epidemiology,** 174(8), 893–900.

Squadrone, S., Ciccotelli, V., Favaro, L., Scanzio, T., Prearo, M., Abete, M. C. 2014. Fish consumption as a source of human exposure to perfluorinated alkyl substances in Italy: Analysis of two edible fish from Lake Maggiore, **Chemosphere,** 114, 181-186.

Sungur, Ş., Köroğlu, M, Turgut, F. 2018. Determination of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) in food and beverages**, International Journal of Environmental Analytical Chemistry,** 98(4), 360-368.

Ullah, S. 2013. Improved analytical methods for perfluoroalkyl acids (PFAAs) and their precursors: a focus of human dietary exposure, Stockholm University, Doctoral Thesis.Vassiliadou I., Costopoulou D., Kalogeropoulos N., Karavoltsos S., Sakellari A., Zafeiraki, E., Dassenakis, M., Leondiadis, L. 2015. Levels of perfluorinated compounds in raw and cooked Mediterranean finfish and shellfish, **Chemosphere,** 127, 117-126.

Vestergren, R., Orata, F., Berger, U., Cousins, I.T. 2013. Bioaccumulation of perfluoroalkyl acids in dairy cows in a naturally contaminated environment, **Environ Sci Pollut Res.,** 20, 7959-7969.

Wan, H. T., Leung, P. Y., Zhao, Y. G., Wei, X., Wong, M. H., Wong, C.K.C. 2013. Blood plasma concentrations of endocrine disrupting chemicals, **Journal of Hazardous Materials in Hong Kong Populations,** 261, 763-769.

Wen, B., Zhang, H., Li, L., Hu, X., Liu, Y., Shan, X. Q., Zhang, S. 2014. Bioavailability of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in biosolids-amended soils to earthworms (Eisenia fetida). **Chemosphere,** 118, 361-366.

Xiang, L., Chen, L., Yu, L. Y., Yu, P. F., Zhao, H. M., Mo, C. H., Li, Y. W., Li, H., Cai, Q. Y., Zhou, D. M., Wong, M. H. 2018. Genotypic variation and mechanism in uptake and translocation of perfluorooctanoic acid (PFOA) in lettuce (Lactuca sativa L.) cultivars grown in PFOA-polluted soils. **Science of the Total Environment,** 636, 999-1008.

Yıldız, Ş., Ölmez, E., Kiriş, A. 2009. Kompost teknolojileri ve İstanbuldaki uygulamaları. Kompostlaştırma sistemleri ve kompostun kullanım alanları çalıştayı.

Yoo, H., Washington, J. W., Jenkins, T. M., Ellington, J.J. 2011. Quantitative determination of perfluorochemicals and fluorotelomer alcohols in plants from biosolid-amended fields using LC/MS/MS and GC/MS. **Environmental Science & Technology,** 45, 7985-7990.

Young, W. M., South, P., Begley, T.H., Diachenko, G.W., Noonan, G.O. 2012. Determination of perfluorochemicals in cow's milk using liquid chromatography – tandem mass spectrometry, **J. Agric. Food Chem.,** 60, 1652-1658.

Zafeiraki, E., Costopoulou, D., Vassiliadou, I., Leondiadis, L., Dassenakis, E., Traag, W., Hoogenboom, R. L. A. P., Leeuwen, S. P.J. 2015. Determination of perfluoroalkylated substances (PFASs) in drinking water from the Netherlands and Greece, **Food Addid Contam Part A,** 32(12), 2048-2057.

Zafeiraki, E., Costopoulou, D., Vassiliadou, I., Leondiadis, L., Dassenakis, E., Hoogenboom, R. L., Van Leeuwen, S. P. 2016. Perfluoroalkylated substances (PFASs) in home and commercially produced chicken eggs from the Netherlands and Greece, **Chemosphere,** 144, 2106-2112.

Zhang, T., Sun, H. W., Wu, Q., Zhang, X.Z., Yun, S.H., Kannan, K. 2010. Perfluorochemicals in meat, eggs and indoor dust in China: Assessment of sources and pathways of human exposure to perfluorochemicals, **Environ Sci Technol.,** 44, 3572-3579.

Zhang, L., Sun, H., Wang, Q., Chen, H., Yao, Y., Zhao, Z., Alder, A.C. 2019. Uptake mechanisms of perfluoroalkyl acids with different carbon chain lengths (C2

- C8) by wheat (Triticum acstivnm L.). **Science of the Total Environment,** 654, 19-27.

Zheng, H., Li, J.L., Li, H.H., Hu, G.C., Li, H.S. 2014. Analysis of trace metals and perfluorinated compounds in 43 representative tea products from South China, **J Food Sci.,** 79(6), 1123-1129.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Hatay'ın Antakya ilçesinde doğdu. İlköğretim, ortaöğretim ve liseyi Antakya'da tamamladı. 2010 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünden 2014 yılında mezun oldu. 2017 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Analitik Kimya Bölümü Yüksek Lisans programına yerleşti. Aynı yıl başladığı Hatay Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi'nde Kimya Mühendisi olarak görev yapmaktadır.