

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GIDA TEMASLI DOKUMASIZ KUMAŞLARIN  
MİKROPLASTİK SALIM POTANSİYELİNİN FARKLI  
AYIRMA YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve KURİŞ**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**  
**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Meral YURTSEVER**

**Şubat 2022**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GIDA TEMASLI DOKUMASIZ KUMAŞLARIN  
MİKROPLASTİK SALIM POTANSİYELİNİN FARKLI  
AYIRMA YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve KURİŞ**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 04/02/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

MERVE KURİŞ

31.12.2021

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Meral Yurtsever'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Doç. Dr. Ayhan Şengil'e ve bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Meryem Mehmetbaşıoğlu'na teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince yanımda olan ve beni destekleyen sevgili babam Bilal Kuriş, annem Sevim Kuriş'e, ablam Emine Çelik, abim Ahmet Sami Kuriş'e ve kardeşim Ali Osman Kuriş'e sonsuz teşekkürü borç bilirim. Hayatımın her alanında olduğu gibi, tez çalışmamı hazırlarken de her aşamada yardımcı olan sevgili nişanlım Recep Taha Fındıkoğlu'na teşekkür ederim.

Bu çalışma, 118Y515 numaralı proje ile TUBİTAK tarafından desteklenmiştir. Çalışmanın gerçekleşmesinde katkı sağlayan TUBİTAK'a şükranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLolar LİSTESİ .....	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY .....	viii

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
1.1. Mikroplastik Kirliliği.....	3

### BÖLÜM 2.

KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	7
2.1. Gıdalarda Mikroplastikler.....	7
2.2. Mikroplastiklerin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi.....	9

### BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.2. Malzeme Temini .....	16
3.3. Mikroplastik İnceleme Teknikleri.....	17
3.3.1. Doğrudan inceleme.....	17
3.3.2. Peroksit ile muamele sonrası inceleme.....	17
3.3.3. Cuamile muamele sonrası inceleme .....	18
3.4. Kullanılan Araç-gereçler.....	18

3.4.1. Kullanılan kimyasal çözeltiler .....	19
3.4.2. Nil kırmızısı boyama .....	19
3.5. Ortamdan kaynaklanabilecek kontaminasyonu önleme .....	20
3.6. Mikroskop İncelemeleri .....	20
3.6.1. Doğrudan inceleme .....	22
3.6.2. Perkoksit ile muamele sonrası inceleme .....	23
3.6.3. Cuam ile muamele sonrası inceleme .....	24
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI .....	26
4.1. ATF-FTIR Analizleri .....	26
4.2. Mikroskopta İnceleme Sonuçları .....	26
4.2.1. Doğrudan inceleme .....	27
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ .....	44
KAYNAKLAR .....	47
ÖZGEÇMİŞ .....	55

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ATF-FTIR	: Attenuated total reflection/ fourier dönüşümlü infrared spektrofotometre
BPA	: Bisfonel-A
DDT	: Diklorodifeniltrikloroethan
HOC	: Hidrofobikorganikkirleticiler
IPEN	: UluslararasıKirleticilerinÖnlenmesiAğı
IPW	: UluslararasıPeletizleme
KOK	: Kalıcı Organik Kirleticiler
MP	: Mikroplastik
PA	: Polimaid
PAH	: Polisiklikaromatikhidrokarbonlar
PBDE	: Polibromludifenileter
PCB	: Poliklorlubifeniller
PE	: Polietilen
PET	: Polietilentereftalat
PP	: Polipropilen

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Çay numunesi nil kırmızı boyasız ve boyalı görüntüsü.....	21
Şekil 3.2. Çay numunesi green ışımada boyasız ve boyalı görüntüsü .....	21
Şekil 3.3. Çay numunesinin uv ışımada boyasız ve boyalı görüntüleri .....	22
Şekil 3.4. Çay numunelerinin blue ışımada boyasız ve boyalı görüntüleri.....	22
Şekil 3.5. Doğrudan inceleme yönteminde mikroplastikler.....	23
Şekil 3.6. Doğrudan inceleme yönteminde mikroplastikler.....	23
Şekil 3.7. Peroksit ile muamele sonrası mikroskop görüntüleri.....	24
Şekil 3.8. Peroksit ile muamele sonrası mikroskop görüntüleri.....	24
Şekil 3.9. Cuam ile muamele sonrası mikroskop görüntüleri .....	25
Şekil 3.10. Cuam ile muamele sonrası mikroskop görüntüleri .....	25
Şekil 4.1. Poşet çaylardan sıcak suya geçen toplam MP oranları .....	31
Şekil 4.2. Farklı poşet çaylarda demleme+filtrasyon sonrası parçacık, film ve lif formunda görülen MP oranları .....	32
Şekil 4.3. Poşet çaylardan sıcak suya geçen toplam MP oranları ((Peroksitle oksidasyon yapılmış sonuçlar).....	35
Şekil 4.4. Farklı poşet çaylarda demleme+filtrasyon +peroksit muamelesi sonrası parçacık, film ve lif formunda görülen MP oranları.....	36
Şekil 4.5. Poşet çaylardan sıcak suya geçen toplam MP oranları (Cuam çözeltisi ile yapılmış sonuçlar) .....	40
Şekil 4.6. Farklı poşet çaylarda demleme+filtrasyon +cuam muamelesi sonrası parçacık, film ve lif formunda görülen MP oranları.....	41
Şekil 4.7. Organiklerin oksidasyonu yapılmış ve yapılmamış numunelerde MP inceleme Sonuçları .....	41
Şekil 4.8. Nil kırmızısı boyama tekniği ile yapılan mikroplastik incelemelerine ait bazı mikroskopik görüntüler.....	43



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Plastiklerin Genel Özellikleri.....	3
Tablo 1.2. Plastiklerin Boyutlarına Göre Sınıflandırılması.....	4
Tablo 4.1. ATF-FT-IR Analizi 1 .....	26
Tablo 4.2. Çay poşetlerinin tartım sonuçları .....	27
Tablo 4.3. Çay poşetlerinde doğrudan filtrasyon sonrasında Nil kırmızısı boyama tekniği ile mikroplastik inceleme sonuçları.....	28
Tablo 4.4. Çay poşetlerinde H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> oksidasyonu sonrasında Nil kırmızısı boyama tekniği ile mikroplastik inceleme sonuçları.....	33
Tablo 4.5. Tablo Çay poşetlerinde cuam sonrasında Nil kırmızısı boyama tekniği ile mikroplastik inceleme.....	37

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Poşetçay; dokumasız; mikroplastik; mikrofiber; cuam; Nil kırmızısı boyama.

Günümüz itibarı ile tüm dünyada artan plastik kullanımı ve oluşan plastik kirliliği problemi dikkate alındığında, bu kirliliğin canlılara ve insana etkileri konusunda halen eksiklik bulunmaktadır. Yapılan bazı araştırmalar gıda ürünlerinde bulunan mikroplastiklerin yutma yoluyla sağlık açısından olumsuz etkilerinin olabileceği üzerinde dursa da gıdalar aracılığıyla alınan mikroplastiklerin kaynakları, miktarı ve özellikleri de tam olarak bilinmemektedir. Bu sebeplerden dolayı mikroplastiklerin sağlığa etkilerinin belirlenebilmesi için öncelikle mikroplastiklerin bilinen ya da bilinmeyen kaynakları ve bunlara bağlı olarak maruziyet dozlarının ortaya çıkarılabildiği elzemdir.

Bu çalışmanın temel amacı çay poşetlerinin tipik bir demleme işleminden sonra mikroplastik ve/veya nanoplastiksalımının incelenmesi, farklı bir ayırma yöntemi kullanarak mikroplastik fiber salım potansiyelinin belirlenmesidir. Yapılan bu çalışmanın ön araştırmalarında özellikle gıda temaslı nonwoven tekstil ürünlerinde selüloza ilaveten farklı polimerlerin kullanıldığı ATR-FT-IR (Zayıflatılmış Toplam Yansımali- Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre) analizleri ile ortaya çıkarılmıştır. Bu kapsamda marketlerde satılan 10 farklı markanın poşet çay (demlik poşeti) numuneleri incelenmiştir. Demleme sonrası mikroplastik fiber ekstraksiyonu yapılarak, mikroplastik fiberler bir filtre kağıdı üzerine alınmıştır. Daha sonrasında ise Nil kırmızısı ile boyama yapılarak floresan mikroskop altında incelenmiştir. İncelenen tüm numunelerde rastlanan mikroplastikler türlerine göre sınıflandırılarak kategorize edilmiştir. Ayrıca ekstraksiyon aşamalarında, doğrudan, peroksit ile muamele ve Cuam çözeltisi ile muamele edilerek kıyaslamalar yapılmıştır.

Tek kullanımlık çay poşetlerin günlük yaşantımızda kolaylık sağlaması ile birlikte, market reyollarında oldukça fazla görülmesi, demlik çayların toplumumuzda sıkça kullanıldığını açıkça göstermektedir. Dokumasız kumaşlarda kullanılan selüloz malzemenin yanı sıra Polietilen, Polipropilen ve Polyester gibi polimer malzemelerin kullanıldığı, farklı metotlar ile ayırma işlemi yapılarak salımpotansiyeli gözlemlenmiştir.

# **INVESTIGATION OF THE MICROPLASTIC RELEASE POTENTIAL OF FOOD CONTACT NON-WOVEN FABRICS BY DIFFERENT SEPARATION METHODS**

## **SUMMARY**

Keywords: Teabag, non-woven, microplastic, microfiber, cuam, Nil red.

Considering the increasing use of plastic all over the world and the problem of plastic pollution, there is still a deficiency in the effects of this pollution on living things and humans. Although some studies emphasize that microplastics in food products may have negative effects on health through ingestion, the sources, amount and properties of microplastics ingested through food are not fully known. For these reasons, in order to determine the health effects of microplastics, it is essential to reveal the known or unknown sources of microplastics and the exposure doses accordingly.

The main purpose of this study is to examine the microplastic and/or nanoplastic release of tea bags after a typical brewing process and to determine the microplastic fiber release potential using a different separation method. In the preliminary research of this study, it was revealed by ATR-FT-IR (Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectrophotometer) analyzes that different polymers are used in addition to cellulose, especially in food contact nonwoven textile products. In this context, tea bags (infuser bags) samples of 10 different brands sold in the markets were examined. After brewing, microplastic fiber extraction was performed and the microplastic fibers were taken on a filter paper. Afterwards, it was stained with Nile red and examined under a fluorescent microscope. Microplastics found in all samples examined were classified according to their types. In addition, comparisons were made by direct treatment with peroxide and treatment with Cuam solution in the extraction stages.

Along with the convenience of disposable tea bags in our daily life, the fact that they are seen quite often in the market aisles clearly shows that teapots are frequently used in our society. In addition to the cellulose material used in non-woven fabrics, polymer materials such as Polyethylene, Polypropylene and Polyester were used and the release potential was observed by separating with different methods.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Son yüzyılın en büyük sorunlarından olan biri olan plastik, kullanımının kolay olması, düşük maliyetli ve dayanıklı olması gibi avantajlarından dolayı günlük yaşamda yaygın olarak kullanılmaktadır (Han ve ark., 2020). Aynı zamanda plastik malzemeler ahşap, metal taş gibi doğal malzemelere göre esnek ve kolay işlenebilir olması, pratik kullanım alanlarıyla II. Dünya Savaşı sonrası insanlar tarafından en çok tercih edilen malzeme olmuştur. Plastikler çok sayıda monomer zincirden oluşan, polipropilen (PP), polietilen (PE), polistiren (PS), polivinilklorür (PVC), polietilen tereftalat (PET), poliamidler (PA) gibi polimer yapılarında bulunabilen malzemelerdir. Plastiklerin üretimde bazik bir polimerin sentezlenmesi, polimerin kullanılabilir bir fraksiyona birleştirilmesi ve son adım olarak plastiğin şekillendirilmesi ile üretimi gerçekleştirilebilir (Tiseo, 2021). Temel olarak %99'u gaz ve petrol fosil yakıtlardan üretilmiş oldukları için plastikler sadece atık sorunu değil, iklim ve sağlık açısından da büyük sorun oluşturmaktadır (Akçay ve ark., 2020).

Statista yayınlanan rapora göre, plastiklerin 1950 yılından 2019 yılına kadar olan süreçte küresel olarak üretimi 368 milyon ton olarak gerçekleştiği ve 2020 yılında Covid-19'un sektörler üzerinde etkilerinden dolayı bu rakamın %0,3 oranında azalabileceği ön görülmektedir. (Tiseo, 2021) Son 50 yılda küresel plastik üretimi, yıllık % 8,7 artışla yaklaşık 9,1 milyar ton olmuştur. (Öğüt, 2021) Yapılan son araştırmalara göre, herhangi bir canlı yaşamayan ıssız adalardan kutuplara, okyanus yüzeylerinden dünyanın en derin noktalarına kadar plastik atıklarına rastlanılmaktadır (Wang ve Wang, 2018). Bu kadar fazla üretimi ve kullanımı alanına sahip olan plastikler, günümüzde artık çevre kirliliğine hatta çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı ciddi bir tehlike olarak sınıflandırılmaktadır. İnsan nüfusunun hızlı artması ve buna paralel olarak plastik kullanımının artması bunun sonucunda da ortaya çıkan plastik atıklarının yönetilmemesi araştırmacılar için hala bir sorun kaynağıdır. Günümüzde yıllık plastik

üretimi yaklaşık 330 milyon ton iken bunun yalnızca yüzde 10'u geri dönüştürülmektedir(Yurtsever, 2015). Diğer bir araştırmaya göre 2012 yılında Avrupa Birliği (AB) ve ABD'de sırasıyla yaklaşık olarak 6 milyon ton ve 2, 5milyon ton plastik tüketilmiş ve AB'de 8,75 milyon tondan fazla, ABD'de ise bu rakam 29 milyon tondan fazla plastik atık atılmıştır. Oluşan bu plastik atıkların sucul ekosisteme karışmasını engelleyemediklerini belirtilmiştir(Hamid ve ark., 2018).bu yüzden bu tür atıkları yönetebilmek ve minimize edebilmek için öncelikle herkes atığını ölçmeli ona göre de atığı önleme, azaltma, geri dönüşümü açısından değerlendirmelidir(Yurtsever, 2015).

Birleşmiş Milletler (BM) Çevre Programı'nın raporuna göre açık denizlerde her kilometre başına ortalama 13 bin plastik düşmekte, denizlerde akıntılar ile bu çöpler dünyanın her yerine ulaşmaktadır. (Kanlı ve Kurt, 2019) . Sucul ekosistemde ulaşan plastik atıklar orada yaşayan canlılar için yaşam tehlikesi oluşturmaktadır. Çöpler ve dolayısıyla içerisindeki plastik parçacıkları, sularda farklı canlı grupları tarafından yutulurken, canlıların gelişim ve büyümeleri, hatta yaşamlarını durduracak sonuçlar doğurabilmektedir. Sözü edilen plastik kirliliği makrodan mikro ve nano boyutlara kadar geniş bir yelpazede bulunabilmekte ve tüketilen gıdalarda da aşırı miktarlarda girebilmektedir. Çok sayıda gıda ürünlerin de artan mikro ve nano-plastikler insan sağlığını tehdit edicidir (Vc Shruti, vd , 2021). Bu kirliliğin kaynakları ve sağlığa olabilecek olumsuz etkileri halen araştırılmakta olup, literatürde konuyla ilgili araştırmalar ve incelemeler de gittikçe detaylanmaktadır (Vethaak ve Legler, 2021). Büyük plastik parçalar rüzgârlar, dalgalar, ultraviyole ışınlarının etkisiyle parçalanarak mikroplastiklere dönüşmekte, akarsular aracılığıyla göllere, denizlere ve okyanuslara ulaşmaktadır. Günümüzde ayrıca doğrudan mikron boyutunda üretilen plastikler birçok alanda kullanılmaktadır.

Bilindiği gibi plastiklerin çok uzun ömürlü olması ve daha dayanıklı plastiklerin üretilip kullanılmasından dolayı atık plastikler çevrede yüzyıllarca bozunmadan kalabilmesi muhtemeldir (Yurtsever, 2019) bununla ilgili Türk Deniz Araştırmaları Vakfı'nın (TÜDAV, 2017) verilerine göre plastikler, bakterilere ve ultraviyole ışınlarla karşı dayanıklı olmaları nedeniyle yüzyıllarca denizde varlıklarını sürdürmektedir

(Kanlı ve Kurt, 2019). Plastik çağını yaşadığımız bu yüzyılda kimya alanında, gıda zincirinde, günlük yaşamda ve her alanda plastikler kullanılırken, ciddi anlamda plastik kirliliği yaşanmaktadır. Deniz ortamları en çok plastik kirliliğine rastlanan yerlerdendir.(Akçay ve ark., 2020) Bilim insanları, Dünyanın su alanlarının 2030 yılına kadar 53 milyon ton plastik atığına ulaşabileceğini ön görmektedir. Plastiklerin genel özellikleri Tablo 1.1.'de özetlenmiştir (Linda A. Zettler, vd., 2015).

Tablo 1.1. Plastiklerin Genel Özellikleri

Hafiftirler ve su da yüzerler
Bir çeşit polimerdirler
Yağı severler (lipofilik)
İşlenmeleri, şekillendirilmeleri kolaydır.
Yalıtkan özelliktedirler
Pek çok kimyasala karşı dayanıklıdırlar
Katkı maddeleri ilave edilerek daha dayanıklı hale getirilebilirler.
Plastiklerin çevrede parçalanması sırasında yüzey alanlarının artması sonucu, adsorpsiyon özellikleri artabilir ve toksik olan kimyasalları adsorpsiyon özellikleri ile taşıyabilir.
Dayanıklıdırlar

Plastikler sadece makro düzeyde bir kirliliğe sebep olmamakla birlikte, bozularak, parçalanarak gözle görülemeyen kirliliklere sebep olmaktadır.

### 1.1. Mikroplastik Kirliliği

Literatürlerde mikroplastiklerle ilgili halen standartlaştırılmış tanım bulunmamakla birlikte, mikroplastik ismi ilk olarak 2004 yılında Thompson tarafından kullanıldı(Thompson, 2004). Oxford sözlüğünde mikroplastikler, tüketici ürünlerinin parçalanması sonucu oluşan küçük plastik parçaları olarak ele alınmıştır. Mikroplastikler, genellikle doğrudan 5 mm'nin altında bir boyuta kadar üretilmiş (birincil mikroplastikler) ya da büyük plastiklerden parçalanarak oluşmuş (<5 mm, ikincil) katı, çözünmez, polimerikmalzemler olduğu tespit edilmiştir. Frias ve Nash (2019) da mikroplastikleri, suda çözünmeyen 1 um-5 mm arasında değişen, düzenli veya düzensiz şekilli olan herhangi bir sentetik katı parçacık veya polimerikmatriksler olarak tanımlamıştır.(Yurtsever, 2018) Plastiklerin parçalanmalarından oluşan mikro altı boyutlara mikroplastik olarak değerlendirilmektedir (Selen Akçay ve ark., 2021). Mikroplastik kirliliğinin güncel bir mesele olmasının yanı sıra çevrede bozunmadan yüzyıllar boyunca kalabilmesi, birikmesi, doğal yaşam alanlarına etkisi ve insan

sağlığı üzerine muhtemel etkilerinden dolayı büyük bir tehdit unsurudur (Hwang ve ark., 2019). Mikroplastiklerin boyutlarına göre sınıflandırılması Tablo 1.2.'de gösterilmiştir (Linda A. Zettler, vd., 2015).

Tablo 1.2. Plastiklerin Boyutlarına Göre Sınıflandırılması

Megaplastikler	>1 m
Makroplastikler	<1 m
Mezoplastikler	<2.5 cm
Büyük Mikroplastikler	1mm-5mm
Küçük Mikroplastikler	1mm-20µm
Nanoplastikler	1nm-100nm

Mikroplastiklerin birincil kaynakları olarak günümüzde kimi ülkede kozmetiklerde kullanımı yasaklanmış olan mikroboncuklar (microbeads), diş macunlarında plastik fabrikalarının üretimden çıkan döküntülerde,(Yurtsever, 2019) uçak ve roket nozulleri gibi yüksek teknoloji ürünlerde, tıp alanında (Hamid ve ark., 2018) ikincil kaynakları olarak ise, sentetik tekstil ürünlerinden dökülen mikrolifler (microfiber, MF), araç lastiği döküntüleri, yol kaplama ve boya döküntüleri gibi büyük plastik parçaların güneş ışığı, rüzgara maruz kalarak küçük parçalar olarak ayrılmasıdır. Fielanın yaptığı bir araştırmaya göre de Gıdalardaki mikroplastikler incelenecek olursa, bu plastiklerin bazı ürünler için temel hammadde içerisinde, bazılarında üretim süreçleri aşamasında bazılarında ise paketlenme de kullanılan ambalaj malzemelerinden dolayı ve ürünün tüketimi esnasında (havadan vb.) gıdalara geçebilmesi mümkündür(Yurtsever, 2019). Plastiklerin yüzeyine tutunan bileşenlerin %78 oranında zehirli olduğu, geri kalan bileşenlerin ise çözünmeden durarak organizmaların dokularında biriktiği görülmüştür (Kanlı ve Kurt, 2019).

İnsanlar tarafından tüketilen ürünlerde mikroplastığe rastlanması hem canlılar hem de insanlar için büyük riskler barındırmaktadır. Bir çok bilimsel araştırmada dünyanın dört bir yanından çok çeşitli balık türlerinin film, parçacık veya mikrolif yapısında çeşitli sentetik polimerleri yuttuğu gösterilmiştir (Bråte, vd, 2016)(Possatto , vd., 2011), (Lusher, vd., 2013), (Rummel, vd., 2015).Bu mikroplastiklerin kaynağını tek kullanımlık plastikler olduğu tespit edilmiştir. PP, PE ve PET gibi plastiklerin üretim aşamalarında kullanılan kimyasallar ve bunların sucul ortamdan dolayı olarak insana ulaşması ciddi sağlık riskleri oluşturabilmektedir. (kanser, hormon bozukluğu vb.)

(Çevik ve Gündoğdu, 2019). Yakın zamanda yayınlanan bazı raporlarda da insan dışkısında mikroplastikler olması durumu insan sağlığı açısından endişe verici bir boyuta taşımıştır (CIEL, 2019). Raporda yer alan diğer bir bilgiye göre de midye dolmalarının yüzde 91,2'sinde mikroplastikler tespit edilmiş olup, ortalama olarak midye başına 0,63 adet mikroplastik bulunmaktadır. Bir kişi ortalama 250 gramlık midye tüketirse aynı zamanda 14,41 adet mikroplastik tüketme riskinin olduğu tahmin ediliyor (Gündoğdu ve Çevik, 2019). Yakın zamanlarda çıkan bir habere göre; Endonezya'nın doğusunda kıyıya vuran 9,5 metre uzunluğundaki ölü balınanın karnından, 115 parça plastik bardak, 4 plastik şişe, 25 naylon poşet, iki çift parmak arası terlik ve 1000'den fazla farklı plastik parçalar ve sayılamayacak kadar mikroplastiklerin olduğu görülmüştür. Dünya nüfusunun kıyı bölgelerinde orantısız artışı ve kıyı bölgelerdeki sentetik lifler, plastik kullanımı denizlerde, okyanuslarda yaşanan mikroplastik kirliliğini artırıcı etkenler olarak gösterilmektedir (Bardon, 2019).

Mikroplastik kirliliği coğrafi olarak bölgelerden bölgelere değişkenlik gösterebilir. Mikroplastiklerin dağılımını etkileyen faktörleri çevre ve antropojenik olarak iki gruba ayırabiliriz. Antropojenik faktörlere göre çevre faktörlerin daha çok etkilediği bazı deneylerle tespit edilmiştir (Hamid ve ark., 2018). Çevre faktörleri arasında; dalga akımları, gelgitler, siklonlar, nehir hidrodinamiği, rüzgar yönleri mikroplastiklerin dağılımını etkilediği görülmüştür. Antropojenik etkenler insan aktivitelerinin sonucu oluşan durumdur. Afrika bölgesinde yer alan Bloukrans Nehrinde yapılan bir araştırmada sonucunda kış mevsiminde nehir akışına bağlı olarak yaz mevsimine göre daha fazla mikroplastik olduğu görülmüştür. (Hamid ve ark., 2018) Antropojenik etkenlerin göstergesi olan diğer bir çalışmada Kaliforniya'da yapılan bir araştırmada görülmüştür. Bu çalışmada bir kutu çekirdek ile mikroplastik biriktirmesi incelenmiş ve 15 yıllık zaman içerisinde nüfus yoğunluğundaki artış ile birlikte 2 kat daha fazla mikroplastik biriktiği gözlenmiştir (Bardon, 2019).

Mikroplastikler yüzey üzerinde oluşan bozulmalarla göre şekilleri farklılıklar gösterebilir (elyaf, film, parçacık, lif) (Concetta Pironti, 2021). Buna bağlı olarak fiziksel zarar verme potansiyeli şekillerine ve büyüklüklerine göre değişkenlik gösterebilir. Austin D. Grey ve arkadaşının yapmış olduğu bir çalışmada mikroplastiklerin boyutları ve



şekillerine göre karidese (*Palaemonetes pugio*) etkisini incelemiştir. Bu çalışmaya göre liflerin aynı polimer matrisine sahip parçacıklara göre deniz omurgasızları üzerinde daha toksik olduğunu ileri sürmektedir (Weinstein, 2017). Farklı çevresel matrislerde petrol türevli plastik liflere ek olarak sentetik selüloz lifler tespit edilmiştir (Concetta Pironti, 2021). Selülozik lif türü biyolojik olarak parçalanabilir özellikte olsa da, içerebilecekleri çeşitli katkı maddeleri nedeniyle böyle lifler de bilim camiası açısından dikkat çekicidir. Biyoplastikler yapısı doğal olarak bozunabilen malzemelerden (örneğin; polibütülen süksinat, PBS) veya doğal hammaddelerden (biyo-bazlı, örneğin, Biyo-polietilen, Biyo-PE) oluşmaktadır (Zimmermann, 2020). Fakat göz ardı edilen durum biyoplastik denilen malzemelerinde kimyasal malzemeler içerebileceğidir. Zimmermann ve arkadaşlarının (2020) yapmış olduğu çalışmada gıda teması bulunan bazı plastik yapıları ürünlerde invitro toksisitesi ve kimyasal bileşimi araştırılarak kıyaslanmıştır. Polilaktik asitten (PLA) yapılan tüm "biyoplastiklerde" yüksek bazal toksisite tespit edilmiştir. Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), polistiren (PS) ve polipropilen (PP) toksisiteleri değişen oranda tespit edilmiştir. Buna göre gıdalarda kullanılan bitki bazlı malzemelerin ve biyoplastiklerin toksisiteye neden olan kimyasallar içerdiğini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle piyasa sürülen daha iyi plastik alternatifleri kimyasal güvenlik yönlerinden de ele alınmalıdır. Gıdalardaki mikroplastik kirliliği konusunda yapılan bu çalışmada ise, günlük hayatta yoğun kullanımı olan "çay" içeceklerinde kullanılan örgüsüz (nonwoven) çay poşetlerinden kaynaklı mikroplastik salımı ve demleme yoluyla içeceğe geçişi araştırılmıştır. Çalışmadaki esas amaç, farklı ayırma yöntemleri ile poşet çaylardan mikroplastik liflerin salımlarının değerlendirilmesi ve gıda güvenliği açısından mikroplastik kirliliğine dikkat çekmektir.

## **BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2.1. Gıdalarda Mikroplastikler**

Yapılan bazı çalışmalar da hem insanların hemde hayvanların vucüt dokularına çeşitli yollarla mikroplastik alıp, sağlık üzerine parçacık toksisiteye neden olduğu bilinmektedir. Gıda paketlenmesi sırasında döküntüler, sebzeler, balıklar, deniz ürünleri dahil olmak üzere birçok tüketim maddesinde mikroplastiklere rastlanılmıştır (Thompson ve Darwish, 2019). Yağmur sularında ksenoöstrojenik bileşikler olduğu bildirilmiştir. (Peters ve ark., 2008). Atık gıdalardan elde edilen hayvan yemlerinde mikroplastik döküntüleri girebilmektedir.(Yurtsever, 2018)Deniz tabanında yaşayan küçük organizmalar 1 mm altındaki plastik parçalarla beslenerek, zehirli maddeler içerdiği düşünlen bu plastik parçalar besin zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşmaktadırlarvemikroplastiklerinbesin zincirinde bulunmaları gıda güvenliği açısından tehdit oluşturmaktadır.

Bazı araştırmalara göre plastik malzemedan yapılmış olan biberonlarda her bir litre bebek mamasında yaklaşık 4 milyon kadar mikroplastiklere rastlanılmıştır. Dublin Üniversitesin'denProf John Boland yaptığı çalışmada polipropilen içeren biberonların ısıtıldığında ve çalkalandığında ortaya çıkan plastik parçacıkların sayısını tespit etmiştir. Yaklaşık olarak 1 litre suya 4 milyon mikroplastikler olduğu görülmüştür(Sosyal, 2020). Diğer bir araştırmadayinenormal hiç kullanılmamış bebek maması hazırlama işlemi yapılmış, ortaya çıkan sonuca göre PP'lerin litre başına 16.200.000 parçacık kadar yüksek değerlere sahip mikroplastik salındığı görülmüştür (Dunzhu Li ve ark., 2020). Araştırmalarda yüksek sıcaklıkta, mikoplastik salınımını arttığı gözlenmiştir (Hernandez ve ark., 2019). Piyasadaki biberonların, su ısıtıcıların çoğunda poliprobilen gibi malzemelerin kullanıldığı düşünülürse, gelecek yıllarda ciddi sağlık sorunları ile karşılaşılması muhtemeldir.

MP'lerin gıdalarda bulunması üzerine yapılan diğer bir çalışmada tuz örneğidir. Plastiklerin binlerece yıl deniz ortamında kalabildiğini ve bu süre zarfında plastikler küçük parçalara ayrılarak mikro parçalar haline gelmektedir (Barnes ve ark., 2009). Araştırmalara göre birkaç çeşit sofraya tuzu vardır: deniz tuzu, göl tuzu, kaya tuzu ve nehir veya kuyu tuzudur. Deniz tuzu ve göl tuzu buharlaştırma yoluyla elde edilir, kaya tuzu halit adı verilen bir mineral kayanın çıkarılmasından elde edilir ve kıyı dışı bölgelerdeki kuyulardan nehir veya kuyu tuzu elde edilir. (Iñiguez ve ark., 2017). Yang ve Arkadaşlarının (2015) Çinde yaptığı bir çalışmada 15 farklı tuz markası üzerine yaptıkları incelemede, deniz tuzlarında 550-681 adet MP/kg, göl tuzlarında 43-364 adet MP/kg ve kaya tuzlarında 7-204 adet MP/kg olduğunu ortaya çıkarmıştır. (Yurtsever, 2018) Tuzun temel gıdalardan olarak sınıflandırılması ve hergün tüketildiği düşünülürse, mikroplastiklere yoğun şekilde maruz kalındığının diğer bir göstergesidir. Aynı zamanda bir plastik çay poşeti ile hazırlanan çay bardağı başına plastik yükün, sofraya tuzunda bildirilen en yüksek seviyenin (0,005 µg/g tuz) aksine 16µg olduğu tahmin edilmektedir ( Karami ve ark., 2017)

Kieran D. Cox ve ark. yapmış olduğu bir çalışmada Amerikalıların yaygın olarak tükettikleri gıdalarda mikroplastik incelemesi yapmışlardır. Çalışmada, yaşa ve cinsiyete göre 39000 ile 52000 partikül mikroplastik tüketildiği varsılmaktadır. Bunlara ek olarak şişelenmiş sudan tüketim sağlayan bireylerinde yaklaşık olarak 90000 mikroplastik dolaylı yoldan alındığı tahmin edilmektedir(Cox ve ark., 2019). Şişelenmiş sularda bulunan mikroplastikler diğer şişelenmiş içeceklerle göre daha fazla mikroplastik barındırmaktadır (Gıda Hattı, 2020).

Yapılan başka bir çalışmada ise, kafelerde kullanılan içeceklerin üzerine kapatılan tek kullanımlık olan polistiren (PS) kapakların deney ortamında nanoplastiklerin oluşumunu izlenmiştir. 56 günün sonunda PS çözeltilerindeki nanoplastiklerin konsantrasyonu  $0.41 \times 10^8$  partikül /mL (ortalama partikül büyüklüğü 224 nm) ile karşılaştırıldığında  $1.26 \times 10^8$  partikül / mL olduğu bildirilmiştir. (Lambert ve Wanger, 2016 a) Bu çalışmaya göre nanoplastik parçaların, plastiklerin bozunma süreci sırasında oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca zamanla konsantrasyonlarında arttığını hipotezide tespit edilmiştir. Lambert ve Wanger yaptığı bir çalışmada PE, PP,

PET, PLA, PS kapağını belli ebatlarda kesildikten sonra oluşan döküntüler incelenmişler. Bu döküntülerin incelenmesi sonucu yüksek miktarda polistiren (PS) ve polilaktik asit (PLA) olduğunu bildirmişlerdir(Lamber ve Wagner, 2016 b). Yapılan son çalışmalar taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile çeşitli bitkilerin dokularında yanal köklerinde, taşınma ve birikim yoluyla nanoplastik birikimi gözlenmiştir(XD ve ark., 2020). 36 bitkiden oluşan bir deney grubu yetiştirildi. Çalışmada yöntem geliştirilerek salatalıktaki nanoplastik birikimi tespit edildi. Salatalıkta Nanoplastik alım miktarının belirlenmesine nanoplastikler, 50 mg/L'ye maruz kaldıktan sonra çeşitli bitki dokularında biriktiği bildirilmiştir (Li ve ark., 2021)İnsanlar da dahil olmak üzere plastiklerin bu bozulma ürünlerini emen bitki ve hayvanların tüketimi yoluyla plastikler yutulur. Plastiklerin bozunması sırasında oluşan mikroplastikler, organlara, dokulara veya hücrelere nüfus eder ve oksidaz stresini, inflamatuvar reaksiyonları vb. artırabilir (Nel ve ark., 2006)(Tang ve ark., 2018).

## **2.2. Mikroplastiklerin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi**

Mikroplastikler su kirliliği ile yaşanan küresel endişeler yaşatmasının yanı sıra son zamanlarda gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından olası etkilerine yoğunlaşmıştır (Wang ve Wang, 2018). Mikroplastik parçacıklar ve lifler gıdalarda (tuz, midye, karides, şeker), tarım alanında, insanların içtikleri sularda, bira soda gibi içeceklerde, denizlerde yayılmış olan kirleticilerdir (Zurier ve Goddard, 2021). Giderek artan çalışmalar mikroplastiklerin canlılar için toksik olduğunu göstermiş durumdadır ve buna yönelik önlem çalışmaları henüz yeterli seviyede olmadığı açıkça görülmektedir. İnsanlar tarafından yutulabilen, solunabilen ve bazı deniz canlılarında üreme sorunlarına yol açabilen mikroplastikler, yaşadığımız her yerdedir. (Fox, 2019)Yapılan bir araştırmaya göre plastikler bozuldukça BFA salınımı yapar (Thompson ve ark., 2009), insanlar soluma yutma yolu vb. yollarla BPA'a maruz kalabileceği idrar, anne sütü, kan, doku örnekleriyle kanıtlanmıştır (Halden, 2010). NSWoodrow Wilson Enstitüsü'nün Nanoteknoloji Tüketici Ürünleri Envanteri tüketici ürünlerinde polimer nanopartiküller içeriğini öne sürmüştür(Bouwmeester ve ark, 2015). Yüz yıkama jellerinde, tekstilde, diş macunlarında mikro boyutlu parçacıklar keşfedilmiştir (Bouwmeester ve ark, 2015). Mikroplastiklerin kişisel cilt temizleme ürünlerin bir

dozunda yaklaşık 360.000 adet polietilen mikro boncuk olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda çamaşır makinesinde yıkandıktan sonra çamaşırlardan mikroplastik salındığı düşünülmektedir. Mikroplastiklerin kanalizasyon ve atıksu drenajı ile doğal su kaynaklarına geçmektedir(Aslan, 2018). Arıtma tesislerinde mikro boncukları tutan bir sistem geliştirilmediği için doğaya bırakılan bu atıklar dolaylı olarak tekrardan çevre ve insanlara ulaşmaktadır. Mikroboncuk kirliliğini kaynağında önlemek için kozmetik ürünlerde ve diğer kullanım alanlarında yasaklanması gerekmektedir. Mikroboncukların bulunduğu kozmetik ürünler günlük hayatta sıkça kullanılan ürünlerdir. 2017 yılında Amerika Bileşik Devletleri ile birlikte İngiltere, Kanada gibi diğer ülkeler harekete geçmiş, 2018 yılında diğer ülkelerle birlikte mikroboncukların kozmetik malzemelerde kullanımı yasaklanmıştır (Yurtsever, 2018). Mikroplastiklerle ilgili yapılan bir araştırmada ortalama miktarlarını tüketen bir Amerikalı yetişkinin ve çocuğun yılda 81000-123000 mikroplastığe maruz kaldığı tespit edilmiştir. (Yurtsever, 2019) bu durum insanların beslenme ya da dolaylı yollarla kronik olarak maruz kaldığını göstermiş olsa da henüz insanlığı üzerine etkileri tam olarak tanımlanmamıştır. Mikroplastiklerin çevre ve insan sağlığı açısından endişe verici boyuta ulaşmasındaki en önemli etken, yüzey alanlarının geniş olması ve kimyasal katı maddeleri adsorbe özelliğininde olmasıdır. Şöyle ki plastiklerin malzemelerin yapımında kullanılan ağır metaller ve toksik etkisi olan kimyasallar farklı etkenler ile koparan plastiklerden mikroplastiklere geçmektedir. Mikroplastiklerin adsorbe özelliklerde olması bu toksik kimyasalları yüzeylerinde tutabilmesine neden olmaktadır (Arı ve Ögüt, 2021).

Bu sayede organik kirleticileri besin zinciri yoluyla bir üst kademelere taşıyabilmektedirler. Mikroplastikler biyolojik olarak inert kabul edilsede üretiminde kullanılan bazı monomerler dolayı kullanım sırasında sızarak insanlara ve diğer canlılara bulaşabildiği görülmüştür. Örneğin; strafor yapıdaki ambalajlarda yaygın olarak polistirenin (PS) içindeki katkı maddesi sızıntı yapabilmektedir. Bu monomer endokrin bozucu kimyasal maddeler olabilme ihtimali vardır. Aynı zamanda idrar, kan, anne sütü gibi doku örneklerinde bisfenol A (BPA) bulunabildiği araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır. Plastiklerin bünyesinde bulunan kimyasallara maruz kalındığında, üreme anormallikleri gibi ciddi sağlık sorunlarına sebep olduğuna dair kanıtlar

bulunmaktadır. Fakat plastik parçacıkların emilimi yüksek olmadığı ve sürekli olmadığı sürece toksite olma olasılığı düşüktür (Yurtsever, 2018).

Diğer bir yandan IPEN ve IPW tarafından hazırlanan rapora göre, Raporun ortak yazarı ve IPEN Politika Danışmanı Lee Bell, “Plastik atık için mevcut hiçbir yönetim planı dünyanın büyüyen plastik kirliliği krizini hafifletmeye muktedir değil” ifadelerini kullandı. Plastiklerin üretimde kullanılan endokrin bozucu kimyasallar geri dönüşüm sürecinde toksik katı maddelerini atmosfere salarak çevre ve insanlığına olumsuz etkisini ortaya koymaktadır. Plastikler yer alan katkı maddeleri, ürüne belli özellikler kazandırma için kullanılan kimyasalların çoğu zehirlidir. Ayrıca dünyada en tehlikeli kimyasal olarak bilinen UV stabizörleri plastiklerde dolayısıyla mikroplastiklerde yaygın olarak bulunduğu, IPW tarafından yürütülen bir izleme raporuna göre okyonuslarda yer aldığı bildirilmiştir (Bell ve Beeler, 2021). Canlılar için tehdit ortamı oluşturan plastiklerin verdiği zararı önleyebilmek için plastik üretimini ve tüketimini temel kullanımlarla sınırlamak ve plastiklerde kimyasalların kullanımını ortadan kaldırması için çalışmaların hızlandırılması gerekmektedir.

Mikroplastiklerin solunarakta maruz kalındığı diğer bir gerçek (Sosyal, 2020). Yapılan bir araştırmada Greater Paris’te atmosferik serpintilerde mikroplastikler olduğu bildirilmiştir (Prata, 2018). Atmosferdeki mikroplastiklerin diğer bir kaynağında tekstillerdendir (Browne ve ark., 2011) hatta bu yüzden de, çalışma ortamlarındaki mikroplastiklerin, ortamdan kaynaklı olmasını önlemek için hassas çalışma yapılması gerekmektedir (Davison ve Asch, 2011). Organik tekstil liflerine göre daha az riskli gözüksede benzer toksiteye sahip olabilir (Valiç ve Zuskin, 2013). İnsanlar tarafından sürekli solunması durumunda mikroplastikler bağışıklık sistemini indükleyerek veya güçlendirerek lokalize parçacık toksisitesi gösterebilir (Yurtsever, 2018). Yapılan çalışmalar özellikle sentetik tekstil endüstrisinde çalışan insanların sentetik elyaf tozuna maruz kaldığı ve sentetik elyafların solunması ile insan sağlığı üzerine kronik rahatsızlıklar, kanser ve tahriş edici etkenlerin olduğu bildirilmektedir (Mastrangelo ve ark., 2002). MP’lerin karasal ortamlarda, tatlı sularda, deniz tabanlarından hatta son çalışmalarda kutuplara kadar ulaştığı görülmektedir. Avrupa ve Kuzey Kutup’undaki kara ve okyonus ortamlarında MP’lerin çokca olduğu tespit edildi. Şöyleki Atmosferik

taşımanın etkisinin anlaşılması için buz kütlelerinden kar örnekleri alınarak kızılötesi görüntüleme ile incelemeler yapılmıştır. İncelemeler sonucunda polietilen, poliamid gibi çok küçük boyutta mikroplastiklerin olduğu görülmüştür. (Bergman ve ark., 2019). Atmosferdeki mikroplastiklere göre kentsel alanlarda dağılım gösteren mikroplastiklerin yoğun dağılımı, kanıtlara göre birincil kaynak olarak suyu göstermektedir. Atıksu arıtma tesisinden çıkan su arıtıldıktan sonra yer altı suyu ve okyanuslara beslenmekte olup, bazı bölgelerde tarımda sulama amaçlı kullanarak toprağa ve karasal ekosisteme kadar mikroplastiklerin yayılmasını sağlamaktadır. Çevreye yayılımın engellenmesi için atık su arıtma tesislerinde mikroplastiklerin azaltılması üzerine ek prosesler veya plastik parçalayıcı enzimler üzerine çalışmalara yönelmesi gerektiği anlaşılmaktadır (Zurier ve Goddard, 2021).

Mikroplastiklerin canlıların sağlığına etkisini anlayabilmek için yapılan bir çalışmada Yongfeng Deng ve arkadaşları farelerde (*Mus musculus*) PAE'lerin biyobirikimi ve üreme toksisitesi üzerine araştırma yapmıştır. Mikroplastiklerin flatat esterlerini (PAE) fare dokularına taşıyabildiğini; karaciğer ve bağırsaktaki artışıyla PAE'lerin biriktiğini tespit etmiştir. (Yongfeng Deng, 2020) PAE'ler ile kontamine olmuş mikroplastikler, kontamine olmayan mikroplastiklere göre sperm fizyolojisi ve spermatogenezde daha büyük değişikliklerle kendini gösteren gelişmiş üreme toksisitelerine neden olmuştur. Bu araştırmanın ışığında da mikroplastiklerin diğer plastik katı malzemelerle memeliler üzerindeki üreme toksisitesi etkisi ile canlılar için diğer bir tehlikenin göstergesidir.

Partikül maddelerle oluşan hava kirliliğini inceleyecek olursak, havada asılı kalan 2,5 ve altındaki partiküllerin canlılar tarafından solunarak karaciğere ve kolaylıkla kan dolaşına katıldığı, hücre zararından geçebilen bu partiküllerin kalp sağlığına, üreme sistemine zarar verdiği bilinmektedir. Bu durumda bu boyuttaki mikroplastiklerin sağlığa potansiyel riskleri göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir (Soysal, 2021).

Mikroplastiklerin çevreye girişi için araç olan organik gübre üzerine Nicolas Weithmann ve arkadaşların yapmış olduğu çalışmada evlerden ve endüstriyelerden alınan organik atıklar direk kompost işlemi uygulandıktan sonra gübre olarak

tarımlarda kullanılmasını incelemiştir. Bu işlem çevre duyarlı bir uygulama olsada, atıkların çoğu plastik malzemeye maruz kaldığı tespit etmişlerdir. Ayrıca çoğu ülkelerde gübrelerde plastik gibi malzemelere izin verilmektedir. Bu konuda en hassas olan Almanya, ağırlıkça %0,1 plastiğe izin vermektedir ve 2mm den küçük olan plastikler değerlendirmeye alınmamaktadır. Bu nedenle organik gübrelerdeki mikroplastiklerin göz ardı edilmemesi gereken yayılım aracı olabilir(Nicolas Weithmann ve ark., 2018).Türkiyede 2019 yılında resmi gazetede yayımlanan sıfır atık yönetmeliğinde biyobozunur atıkların kompost işlemi ile değerlendirilmesi gerektiği ile ilgili ibarenin yer aldığı ve belediyelerin sıfır atık belge seviyeleri için kompost sisteminin kurulması gerektiğiden bahsetmektedir (Mevzuat, 2019). Bununla birlikte artacak olan organik gübrelerin tarım alanlarında değerlendirilmeden önce mp'ler incelenmeli ve sonuçlarına göre değerlendirmeye alınmalıdır.

31 Aralık 2019 yılında Çin'in Hubei Eyaletinin Vuhan şehrinde ortaya çıkan ilk vaka ile daha sonra dünyayı saran koronavirüs (Covid-19), temasla ile insanlara buluşan ve tedavisi olmayan endişe verici bir hastalıktır (Budak ve Şerif, 2020) Covid-19 döneminde yaşanan hijyen endişeleri, gıdalarda ambalaj talepleri ve çoğu ülkelerde plastik kullanımına yönelik politikalarınbu dönemde askıya alınması atık yığınları ile karşı karşıya kalmamıza neden olmuştur. (Silva ve ark., 2020)Plastiklerin çevresel karbon ayak izini azaltmak için çeşitli çalışmalarla tek kullanımlık plastiklerin yasaklanması, geri dönüşebilir torbaların kullanımının arttırılmasına yönelik çalışmalar, Covid-19 etkisiyle önemi ikinci plana atılmıştır. Tek kullanımlık plastiklerin (kahve bardakları, kişisel koruyucu donanımlar (KKD), plastik poşetler) geri dönüştürülebilir oranların düşük olmasıve yalnızca bir kere kullanılıyor olması, sürecin yönetilmemesi gibi durumlardan dolayı 2020 yılında plastik kullanımının artış oranına bağlı olarak denizlerde, çevrede bulunan mikroplastiklerde artışa sebep olmuştur (Shams ve ark., 2021).Silva ve arkadaşlarının yapmış olduğu araştırmaya göre yaşanan Covid-19 sürecinde plastik üretimi yaklaşık 690 bin ton olduğu tahmin edilmektedir (Silva ve ark., 2020). Bu süreçlerde yaşanan kısıtlamalar ile birlikte geri dönüşüm tesislerin kısıtı çalışması, atıkların hava olayları ile birlikte denizlere, doğaya karışarak besin zincirine girmesi, insan sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır (Shams ve ark., 2021). Silvia ve arkadaşlarının (2021) yapmış olduğu diğer bir



çalışmada ise tek kullanımlık yüz maskelerdeki mikro/nanoplastiklerin salınımını ortaya çıkarılması ve kullanılan ince polipropilen (PP) tekstilden mikro/nanoplastiklerin (MNP'ler) suda potansiyel salınımını değerlendirmektir. Covid-19 önlemlerinin zorunlu kıldığı maskelerin, yapısı incelenmiş ve maskelerde genellikle ince bir dokumasız kumaşın farklı katmaların birleştirilmesi ile yapıldığı görülmüş (Morgana ve ark., 2021). Dokumasız kumaş, pürüzsüz, gözenekli ve oldukça dayanıklı tabakalar üretmek için ısı, kimyasal veya mekanik araçlar (spunbond ve meltblown yöntemleri) kullanılarak birbirine bağlanmasıyla elde edilir (Ding ve ark., 2021). Yüz maskeleri yaklaşık olarak 13x130x0.125 mm ebatlarında, 549 mg ağırlığında ve eşkenar dörtgen deliklerine benzer sağlam dokuluyu yapıya sahip olduğu ve PP filament ağı 20-30 µm kalınlığında olduğunu bildirilmiştir. Kesilen kumaş parçalarının ve plastiklerin suda salınımı gözlemlendi. Serbest kalan mikroplastikler >100 µm, lif benzeriydi ve ortalama boyutları  $1,7 \pm 0,4$  mm aralığında olduğu bildirildi. Çeşitli çevresel faktörlerle (rüzgâr, gelgitler, dalgalar) dokumasız kumaşların kolayca mikro kesilmelere neden olabilir (Zhang ve ark., 2021). Çevresel faktörlerin enerji yoğunluğu 0.5 ve 50 J/m<sup>3</sup> tahmin edilerek, çalışma bu değere göre yapıldığı belirtilmiştir. Çoğunlukla nanoboyutta (boyut sınıfları 0.1-0.5) oluşan küçük plastik parçacıkların daha fazla olduğu görülmüştür (Bringer ve ark., 2020). Deniz ortamına bırakılan atık maskelerin kolayla denizde yaşayan canlılara nanoplastikleri ulaşabileceği görülmektedir.

Mikro ve nano boyutlu mikroplastiklerin boyutlarının küçük olması nedeniyle hücre zarını geçerek metabolik bozukluklara sebep olabilir (Shams ve ark., 2021). Araştırmalar nanopartiküllerin insan karaciğer hücrelerinde epitel hücre fonksiyonunu ve fizyolojik süreçleri etkileyebileceğini gösteriyor. Mikroplastiklerin, uzun yıllarda insanların maruz kalmasının nasıl bir etki ettiği ile ilgili henüz yeterli bir bulunmamakta. Bazı çalışmalarda mikroplastiklerin insan dokusunda tüm organlara erişebildiği bilinsede, bunları emilimi, vücuttan atılımı ile ilgili çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Covid-19 süresinde bilinçsizce tüketilen plastiklerin ve ülkeler tarafından bu atık artışının yönetilememesi, yasa dışı yollarla boşaltılması uzun yıllarda ve kısa vadede insan sağlığını nasıl etkileyecektir bilinmemektedir. (Shams ve ark., 2021) Mikroplastiklerin doğaya taşınma yollarının önüne geçebilmek için daha teknolojik

gelişmelere önem verilmesi ve mikro boyutta olan plastiklerle ilgili ülkelerde bilinçlendirme çalışmalarına önem verilmelidir.

## **BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **3.1. Materyal**

Araştırmada, 10 farklı markanın, demleme çay poşetleri kullanılarak inceleme yapılmıştır. Market reyonlarında poşet çayların, dökme çaylara nazaran hiç de azımsanamayacak miktarlarda yer alması, siyah çayın yanı sıra diğer bitkisel çayların da çoğunlukla poşet çay şeklinde satılıyor olması, poşet çaylara karşı arz-talep ilgisini göstermektedir. Poşet çaylar kullanım kolaylığı, arzu edildiği andave miktarda demlenebilmesi vb. avantajları sayesinde yaygın olarak tüketilmektedir. Nonwoven (örgüsüz) dokulardan üretilen çay poşetlerinin tek kullanımlık olması ve yüksek sıcaklıkta demleme yoluyla poşet dokusundaki mikroliflerin doğrudan içilen sıvıya geçebilme potansiyeli bulunmaktadır. Bu torbaların plastik içerdiği konusunda paket üzerlerinde maalesef herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

### **3.2. Malzeme Temini**

Bu araştırmada, ülkemizde marketlerde yaygın olarak satılan farklı marka poşet çay örnekleri alınarak bu malzemelerdeki mikroplastikkirliliği mevcudiyeti ve miktarları incelenmiştir. Demlik poşeti şeklinde olan poşet çaylar Sakarya'daki farklı marketlerden, 10 adet farklı marka ürünü temin edilmiştir. Günlük hayatta kullandığımız çoğu tek kullanımlık malzemelerden gıdalara kadar birçok üründe kumaşimsı yapıdaki dokumasız (nonwoven) malzemeler veya plastic yapılı malzemeler kullanılmaktadır. Gıda ürünlerinde kullanılan selüloz yapının yanısıra üretimindeki farklı avantajlardan dolayı plastic malzemelerle desteklendiği anlaşılmıştır.

### **3.3. Mikroplastik İnceleme Teknikleri**

Çay poşetleri içerisindeki çaylar, kenardan açılan küçük bir kesikten alınarak, poşet, beher içerisindeki kaynatılmış suya konular ve demleme süresi boyunca beklenir. Demleme işlemi tamamlanmış çay poşetleri cam beher içerisinden alınarak cam petri kaplarına konular. Ardından beherdeki su cidarlarında lif kalmamasına dikkat ederek cam elyaf kağıdına alınarak vakum filtrasyon işlemi ile süzülmesi sağlanır. Numunenin süzüldüğü cam elyaf kağıtları filtrasyon düzeneğinden dikkatlice alınarak ayrı petri kaplarına konularak kapakları kapatılır ve 24 saat boyunca oda sıcaklığında kuruması beklenir. Daha sonra filtre kağıtları mikroskopta incelenerek rastlanan liflertip ve boyutlarına göre sınıflandırılarak kaydedilir ve görüntüleri alınır. Aynı işlemler yalnızca saf su konulan blank numune üzerinde de yapılarak ortamdan geçmesi muhtemel plastik parçacıkların hataya sebep olmasını önlemek için değerlendirmeye katılır.

#### **3.3.1. Doğrudan inceleme**

Demleme işlemi tamamlanmış çay poşetleri beher içerisinde alınarak numaralarına göre sınıflandırılmış olan petridishlere konular. Ardından beherdeki su cidarlarında lif kalmamasına dikkat ederek cam elyaf kâğıdına alınarak filtrasyon işlemi ile süzülmesi sağlanır. Süzülmüş olan cam elyaf kâğıtları filtrasyon düzeneğinden dikkatlice alınarak ayrı petridishlere konular ve kapakları kapatılır. Petridishlere alınan cam elyaf kağıtları mikroskopta renkleri ve boyutlarına göre sınıflandırılması sağlanacak şekilde incelemesi yapılır ve görselleri ile birlikte sayımı yapılır. İşlemler sırasında aynı işlemler bir tane yalnızca saf su konulan BLANK numune üzerinde de yapılır.

#### **3.3.2. Peroksit ile muamele sonrası inceleme**

Demleme işlemi tamamlanmış çay poşetleri beher içerisinde alınarak numaralarına göre sınıflandırılmış olan petridishlere konular. Ardından beherdeki su cidarlarında lif kalmamasına dikkat ederek cam elyaf kâğıdına alınarak filtrasyon işlemi ile süzülmesi sağlanır. Filtrasyon işleminden sonra cam elyaf kağıdı 10 mL, %35'lik

hidrojenperoksit ilave edilerek yüzeyi yıkanarak aynı behere alınır. Kullanılan filtreye zarar verilmeden sonar yine tekrar onu kullanmak üzere petri dishe konulur. Beherde peroksit oksidasyonunun tamamlanması için 5 gün bekletilir. 5 gün bekletildikten sonar filter kağıtlarını 5 gün bekletilmiş olan peroksitle filtrasyon işlemi uygulanır ardından cam elyaf kağıtlarında lif sayımı yapmak için mikroskop altında incelemesi yapılarak, görseller ile birlikte kayıt altına alınır.

### 3.3.3. Cuamile muamele sonrası inceleme

Demleme işlemi tamamlanmış çay poşetleri beher içerisinde alınarak numaralarına göre sınıflandırılmış olan petridishlere konulur. Ardından beherdeki su cidarlarında lif kalmamasına dikkat ederek cam elyaf kâğıdına alınarak filtrasyon işlemi ile süzülmesi sağlanır. Filtrasyon işleminden sonra, filtre kağıtlarının kuruduklarından emin olduktan sonra kapalı kaplara filtre kağıtları alınır, ardından üzerilene 10 ml cuam çözeltisi eklenir. Gözlemler sonucu 15-20 dk arasında çalkalama yaparak cuamın filtreyi çözdüğü görülmüştür. Ardından tam filtrenin çözüldüğünden emin olduktan sonra, cam elyaf kağıdı filtrasyon cihazına yerleştirilir ve üzerine filtresi çözülmüş olan cuam çözeltisinden geçirililerek çözülmesi sağlanır. Cuam çözeltisi ile filtrasyon işlemi tamamlandıktan sonra üzerine 10 ml saf su eklenir ve tekrar filtasyon işlemi yapılır. Ardından üzerine 50 ml seyreltik HCL- Saf su karışımı eklenir ve tekrardan filtrasyondan geçirilir. Burada amacımız cuam çözeltisi tamamen süzerek liflerin kalmasını sağlamak. Tüm işlemler 10 numune için tekrarlandıktan sonra mikroskopta incelemeye geçirilir.

### 3.4. Kullanılan Araç-Gereçler

Çalışmada kullanılan başlıca ekipmanlar, Brukerminispecmqone serisi-ATR-FT-IR cihazı, Hassas terazi WLC X2 serisi (OHAUS), OLYMPUS CX23 floresan ataşmanlıbinoküler araştırma mikroskobudur. Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler; %35'lik HidrojenPeroksit (Merck), Cuam hazırlamada kullanılan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  amonyumveNaOH, HCl, ultra safsu (Millipore Direct Q5). Nil kırmızısı çözeltisi (9-diethylamino-5H-benzo[ $\alpha$ ]phenoxazine-5-one).

### 3.4.1. Kullanılan kimyasal çözeltiler

Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler; %35'lik Hidrojen Peroksit, 1 ml Cuam, 25 mL HCl-safsu. Nil kırmızısı çözeltisi (9-diethylamino-5H-benzo[ $\alpha$ ]phenoxazine-5-one).

### 3.4.2. Nil kırmızısı boyama

Nil kırmızısı boyası hazırlama; Lipofilik Nil kırmızısı (9-diethylamino-5H-benzo[ $\alpha$ ]phenoxazine-5-one) boyası ile mikroplastik türü belirleme işlemi çok pahalı cihaz gerektirmeyen kolay bir işlemdir. (Shim, vd., 2016); (Erni Cassola, vd., 2017). Nil kırmızısı boyama tekniği için çözücüler hazırlandı. (Jang, 2016)Hekzanda daha yavaş çözüldüğünden dolayı, ilk önce aseton içinde çözülüp sonra hekzan ekleyerek (0.05 gr/L) stok çözeltisi hazırlanmış ve koyu renkli şişeye konularak buzdolabında (4 0 C' de) muhafaza edilmiştir. Daha sonra hekzan ile 10 kat kadar seyreltilerek 5 mg/L hazırlanan standart çözelti kullanılmıştır.(Yurtsever, 2020)Nil kırmızısı plastik yüzeye yapışma olasılığıolsada çoğu doğal malzemeye yapışmadığı bilinmektedir. Nil kırmızı boyama tekniği ile cisimlerin yapısı anlaşılmaktadır.20  $\mu\text{m}$ ' den küçük mikroplastiklerin belirlenmesinde Raman teknikleri uygulanabilir. (Catarina F. Araujo, vd., 2018)

Bu kapsamda her ayırma yönteminden sonra numuneler, Nil kırmızısı boyama tekniği ile; cam elyaf kağıtların üzerine birkaç damla Nil kırmızı çözeltisi eklenerek, 15 dakika etüvde karanlıkta beklettikten sonra Floresan mikroskop altında incelenir. Yapılan floresan mikroskobu incelemeleriyle sentetik liflerin varlığı anlaşılmış ve uygulanan farklı ayırma yöntemlerine göre oluşan MP sınıfları UV, green ve blue dalga boylarındaki ışık altında sayılarak tespit edilmiştir. Her bir ayırma metodu 10'ar adet numune 2 tekrar olarak incelemeleri yapılmıştır.

İlk incelemede mikroskop altında, yeşil ve mavi ışıkta incelemeler yapılmış ancak ışık net olmadığı için numelere blue ışıkta bakılarak incelemeler devam ettirilmiştir. Normal mikroskopta yapılan incelemelere göre Nil kırmızısı boyama tekniği ile

floresan mikroskop altında yapılan incelemeler daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür.

Nil kırmızısı boyama tekniği ile yapılan çalışmada poşet çay numunelerinde uzun lifler ve bunun yanı sıra çok yoğun şekilde küçük mikroparçacıkların bulunduğu görülmektedir. Nil kırmızısı boyam atekniği ile 20 µm' ye kadar olan bazı plastik cisimler kolaylıkla tespit edilebilmektedir (Shim, vd., 2016); (Erni Cassola, vd., 2017).

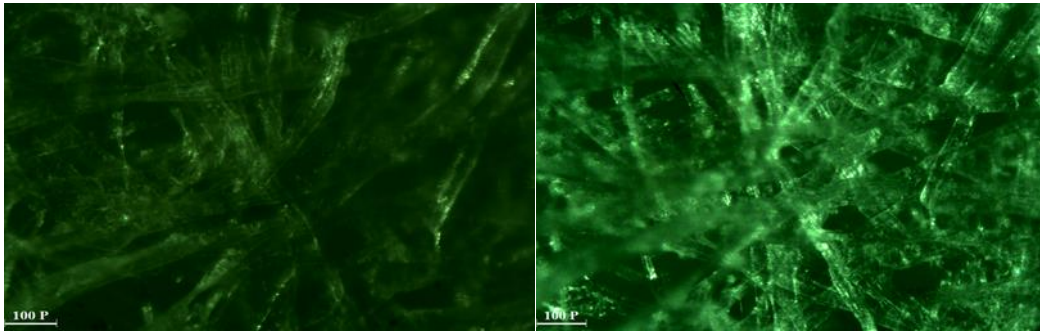
### **3.5. Ortamdan Kaynaklanabilecek Kontaminasyonu Önleme**

Laboratuvarlarda havalandırma tertibatı çok iyi olsa bile ortamda asılı kalan mikroplastikler bulunabilir. Çalışma esnasında ortamda bulunan kıyafetlerden, havadan numunelere lifler, parçacıklar ve filmler dökülebilir.(Armutcu, 2020)Bu durumdan numunelerin etkilenmemesi için önlemler alınması gerekmektedir. Numunelerin her birinin demlenme işlemleri, filtrasyon işlemler, kimyasalla çalışma işlemri çeker ocakta yapılmıştır (şekil 2.1.). Mikroskopla inceleme sırasında ortamdaki partiküllere maruz kalmasını engellemek için, mikroskopun etrafı sürekli örtülmüştür. Laboratuar çalışmalarında kullanılacak her ekipman, kullanılmadan önce yıkanmış ve temizlenmiştir. Numuneler petridishlerde ve kapalı kaplarda muhafaz edilmiştir. Yapılan çalışmada ortamdaki partiküllere maruziyetini yorumlayarak bilmek için her deney için blank numune hazırlanmıştır (Yurtsever, 2018). Mikroplastik incelemelerinde dış ortamdaki kontaminasyondanönlemlesinin farklı yöntemleri vardır. Çalışmaların pozitif yönde etkilenmemesi için bu yöntemlere önem verilmesi, deney sonuçlarının doğruluğu açısından önem arz etmektedir.

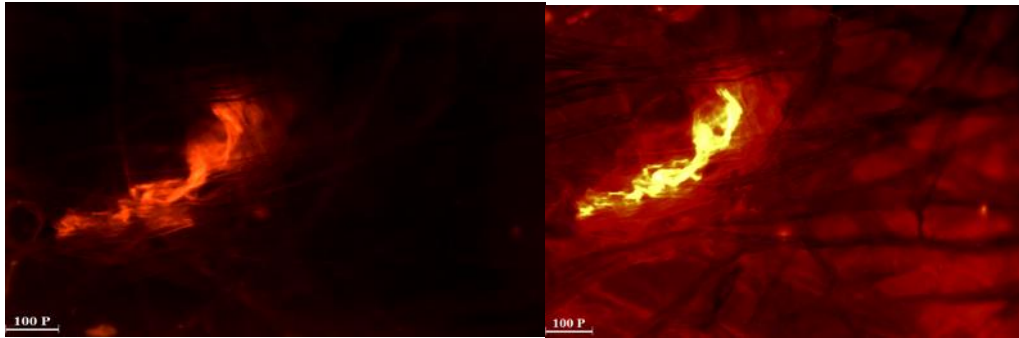
### **3.6. Mikroskop İncelemeleri**

İlk incelemede mikroskop altında, yeşil ve mavi ışıpta incelemeler yapılmış ancak ışımada olmadığı için numelere Blue ışımada bakılarak incelemeler devam ettirilmiştir. Normal mikroskopta yapılan incelemelere göre Nil kırmızısı boyama tekniği ile floresan mikroskop altında yapılan incelemeler daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür.

İlk önce örnek çalışma olarak içi boşlatılmış olan çay poşetlerinden bir numune alınır. Alınan çay poşeti hiç bir işleme tabi olmadan BAB mikroskopunda incelemeye alınır. Numune üzerinde sabit bir nokta belirlendikten sonra ışımsız normal görüntü alınır Şekil 3.1. Daha sonra numune hiç hareket ettirilmeden aynı noktaya nil kırmızısı boyası eklenir ve bu noktada uv, green, blue ışımada görüntüleri alınır Şekil 3.2., Şekil 3.3. ve Şekil 3.4. Bu işlem 3 farklı noktada denenmiştir. Görüntülerden anlaşıldığı gibi nil kırmızı boyası ile boyanmadan önce ve sonra aynı yerlerde ışımaların olduğu görülmüştür.

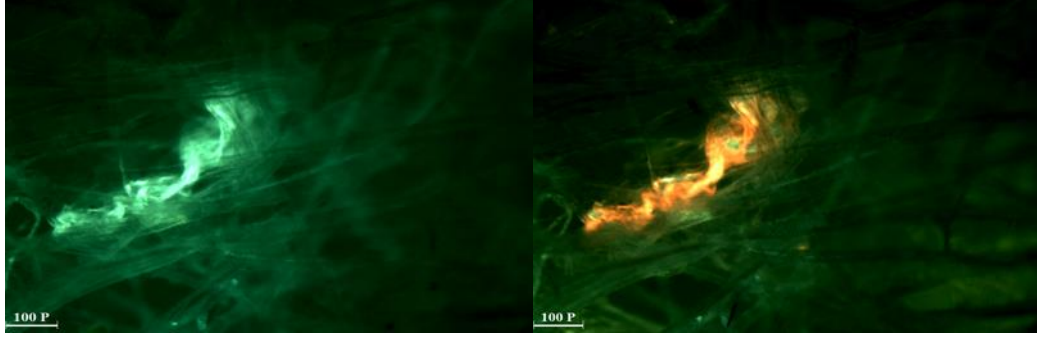


Şekil 3.1. Çay numunesi nil kırmızı boyasız ve boyalı görüntüsü

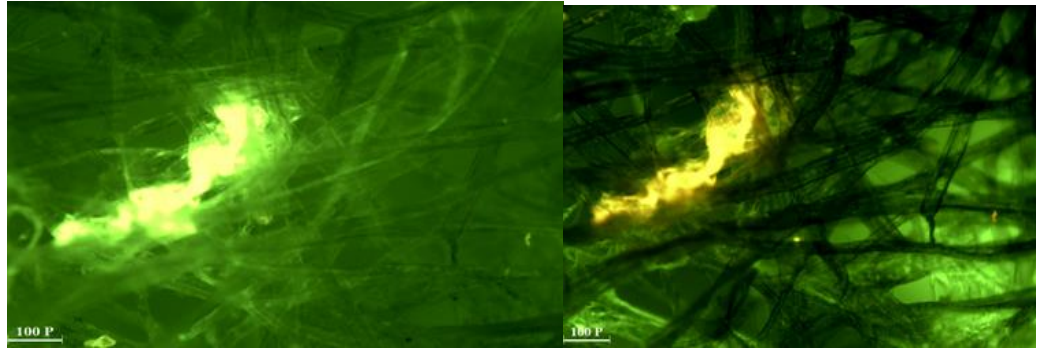


Şekil 3.2. Çay numunesi green ışımada boyasız ve boyalı görüntüsü





Şekil 3.3. Çay numunesinin uv ışımada boyasız ve boyalı görüntüleri



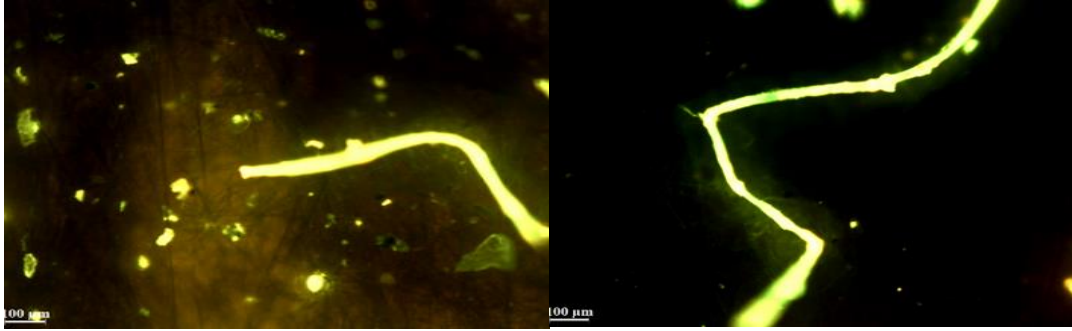
Şekil 3.4. Çay numunelerinin blue ışımada boyasız ve boyalı görüntüleri

### 3.6.1. Poşet çay ile muamele

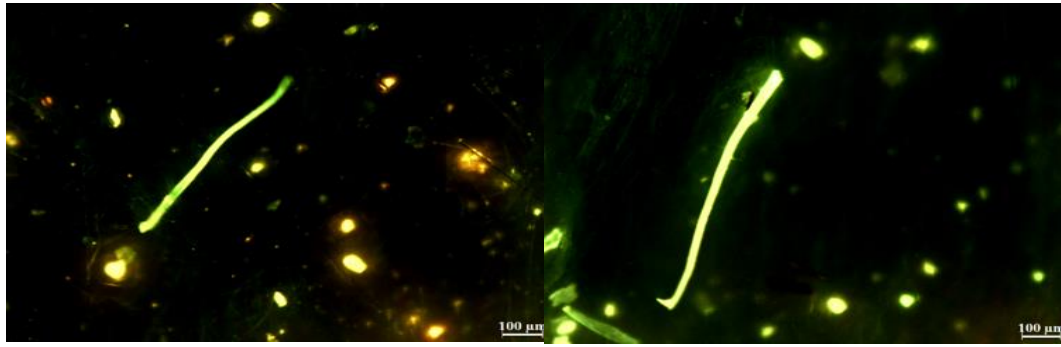
İçi boşaltılan çay poşetlerinin önce hassas tartımda, kuru tartımları yapıldı ve petri dishlere konuldu. Daha sonra çay poşetlerine 5'er ml cuam çözeltisi eklenerek 5 gün boyu gözlemdi ve 5. Günün sonunda çay poşetleri HCL çözeltisi ile yıkanarak 5- 10 dk bekletildi. Asitle yıkama işlemi yapılırken cuamlı çay poşetinin rengi beyaza dönecek şekilde yıkaması tamamlandı. Numune ultrasaf su ile durulandıktan sonra kurumaya bırakıldı, ardından numunelerin kuru tartımı yapıldı.

### 3.6.2. Doğrudan inceleme

Cam elyaf kağıdı üzerinden doğrudan filtrasyon işlemi sonrası nil boyama çözeltisinden geçirildikten sonra ısınma İnkübütöründe 15 dk bekletikten sonra, BAB floresan mikroskopunda blue ışımada incelemeye alınarak sayım yapılmış ve MP türüne göre kategorize edilmiştir. Numunelere ait görseller Şekil 3.5. ve Şekil 3.6. da gösterilmiştir.



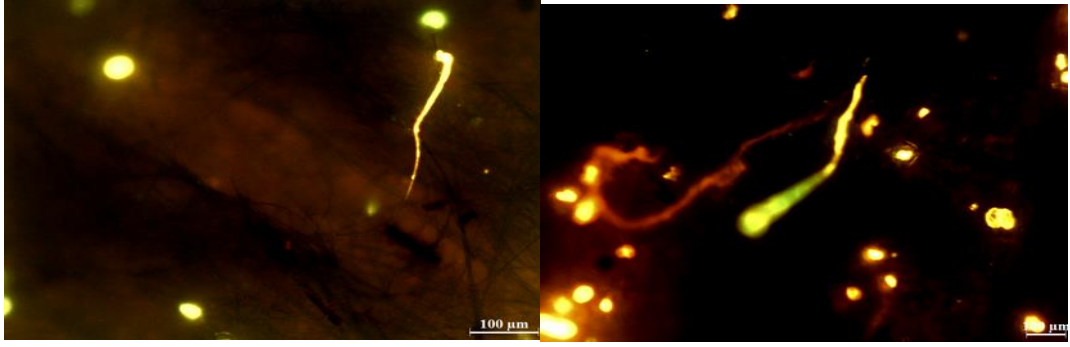
Şekil 3.5. Doğrudan inceleme yönteminde mikroplastikler



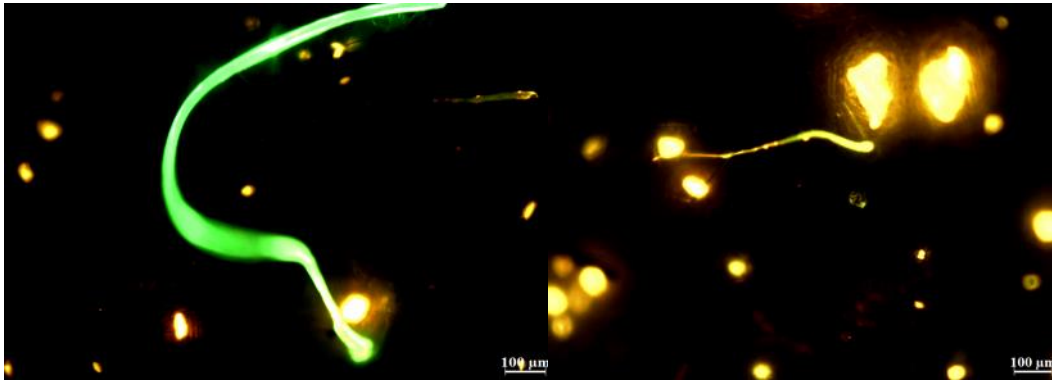
Şekil 3.6. Doğrudan inceleme yönteminde mikroplastikler

### 3.6.3. Perkoksit ile muamele sonrası inceleme

Cam elyaf kâğıdı üzerinden, filtrasyon işlemi yapılır. Peroksit ile yıkama işlemi sonrası 6 gün bekletilerek ayırma işlemi yapılır ve tekrar filtre edildikten sonra nil boyama çözeltilisinden geçirilir sonra ısınma İnkübütöründe 15 dk bekletikten sonra, BAB floresan mikroskobunda blue ışımada incelemeye alınarak sayım yapılmış ve MP türüne göre kategorize edilmiştir.



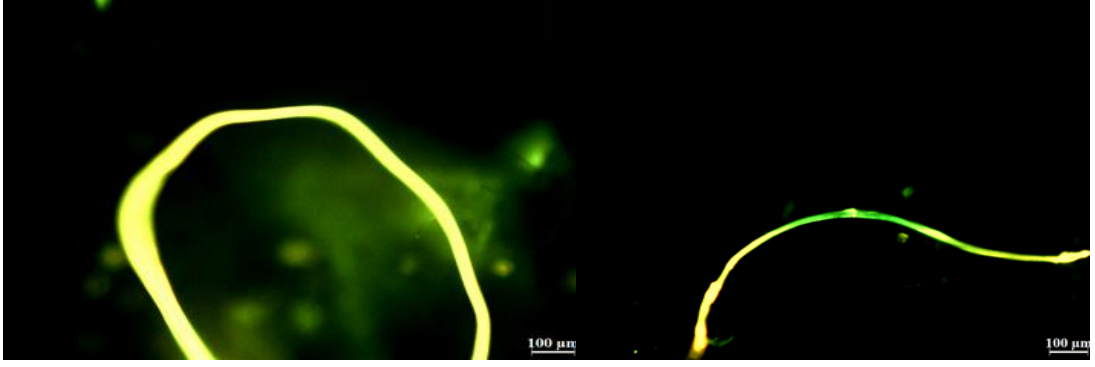
Şekil 3.7. Peroksit ile muamele sonrası mikroskop görüntüleri



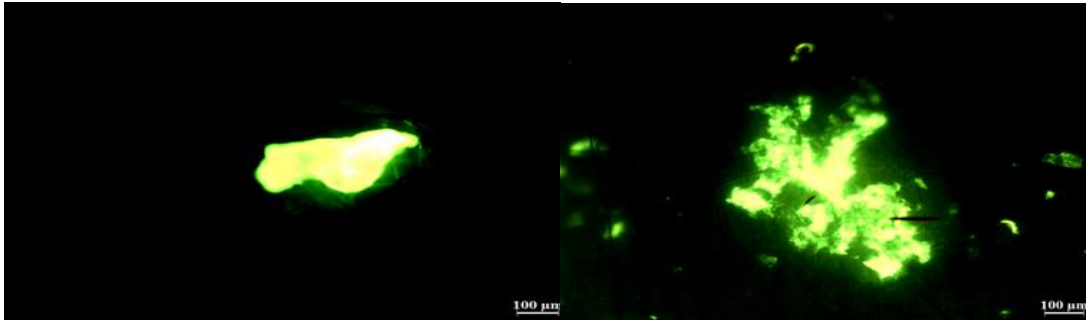
Şekil 3.8. Peroksit ile muamele sonrası mikroskop görüntüleri

#### 3.6.4. Cuam ile muamele sonrası inceleme

0,45 µm gözenek aralığına sahip asetat filtre kâğıdı üzerinden, filtrasyon işlemi yapılır. Cuam ile muamele edildikten sonra nil boyama çözeltisinden geçirilir sonra ısınma İnkübütöründe 15 dk bekletikten sonra, BAB floresan mikroskobunda blue ışımda incelemeye alınarak sayım yapılmış ve MP türüne göre kategorize edilmiştir.



Şekil 3.9. Cuam ile muamele sonrası mikroskop görüntüleri



Şekil 3.10. Cuam ile muamele sonrası mikroskop görüntüleri

## BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. ATF-FTIR Analizleri

Çalışmada öncelikle 10 adet farklı markanın demlik poşet çay poşetleri incelenmiştir. Çay poşetlerin dokusu üzerine yapılan ATF-FT-IR analizlerinden, tüm çay poşetlerinde selüloz olan kısımlarında plastik yapısı tespit edilmiştir. Demlik poşetlerin ATF-FT-IR analizleri Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. ATF-FT-IR Analizi 1

Çay örnekleri	ATF-FT-IR Analizleri
Ç1	PE-LD
Ç2	PE-LD
Ç3	PE-LD
Ç4	PE-LD
Ç5	PE-LD
Ç6	PES
Ç7	PE-LD
Ç8	PE-LD
Ç9	PP
Ç10	PE-LD

Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç7, Ç8 ve Ç10 düşük yoğunluklu polietilen içerirken, Ç6 polyster ve Ç9 ise polipropilen içerikli malzemedir. Literatürdeki çalışmalar ve patentler de, çay poşetlerinde selüloza (kağıt) ilaveten dayanıklılığını sağlamak ve poşetin kapatılması işleminde ısı ile kolayca yapışmasını sağlamak gibi amaçlarla farklı polimerlerin (polipropilen, polietilen, polyster vb.) kullanıldığını doğrulamaktadır.

### 4.2. Mikroskopta İnceleme Sonuçları

Mikroskop altında 3 farklı ayırma yöntemi ile mikroplastığı kirliliği 10 ayrı çay markasına göre sınıflandırılarak incelenmiştir. BAB floresan mikroskopu altında blue ışığa yapan mikroplastikler, şekillerine göre sınıflandırılmış ve sayımları yapılarak

kayıt altına alınmıştır. Elde edilen sonuçlar blank numuneye göre yorumlanmıştır. Mikroskopta incelenen numuneler ayırma yöntemlerine göre aşağıda ilgili başlık altında tablo ile gösterilmiştir.

#### 4.2.1. Çay poşet ile muamele

Çay poşetlerinin cuam çözeltisi ile muamele edilmeden önce ve cuam sonrası kuruduktan sonrası tartım sonuçları tablo 4.2. de gösterilmiştir. Doğal veya rejenere selüloz türevleri, tetramin bakır (II) kompleksi kuoksam içinde çözülebilir (Yurtsever, 2021). Çay poşetlerinin %70 ağırlıkça selülüzdan yapılmış ve kalan %30 selüloz olmayan lifler olduğu anlaşılmaktadır. Cuam ile muamele edilmeden önce sert ve dolgun yapıya sahip olan çay poşetlerin cuam işlemi ile selülozların çözülmesinden sonra numunenin gözeneklerinin azaldığı mikroskopta görülmüştür.

Tablo 4.2. Çay poşetlerinin tartım sonuçları

Çay örnekleri	İlk tartım (mg)	Cuam ile muamele sonrası tartım(mg)
Ç1	121,11	109,82
Ç2	218,03	156,43
Ç3	124,18	115,23
Ç4	124,27	99,08
Ç5	120,68	115,18
Ç6	135,35	128,63
Ç7	125,96	119,27
Ç8	119,77	98,9
Ç9	155,62	147,46
Ç10	178,93	165,16

#### 4.2.2. Doğrudan inceleme

Nil kırmızısı boyama tekniği ile yapılan çalışmada poşet çay numunelerinde uzun liflerin yanında küçük mikroparçacıklar ve yoğun şekilde parçacık kirliliklerinin bulunduğu görülmektedir. Nil kırmızıboyamatekniğiile 20 µm' ye kadar olan bazı plastik cisimler ışına yaparak tespit edilebilmektedir (Gabriel Erni Cassola, 2017). Floresan mikroskopta blue ışına altında doğrudan analiz yöntemi ile incelenen poşet çay numuneleri ait sonuçlar Tablo 4.2. 'de gösterilmiştir. Farklı farklı çay poşetlerinden

alınan numunelerde doğrudan analiz yöntemi ile sentetik lifler ve parçacıklara, filmlere rastlanmıştır.

Bu çalışmada demlik poşetlerinde mikroplastik salımlarının değerlendirilmesi için, farklı MP ayırma muameleleri denenmiştir. Peroksitle muamelede ve Cuam ile muamelede sırasıyla organiklerin oksidasyonu ve selülozik liflerin çözülmesi işlemleri başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada elde edilen birinci aşama (doğrudan filtrasyon) sonrası inceleme sonuçları aşağıda Tablo 4.3.'de verilmiştir. Doğrudan inceleme sonrasında min. 12292 adet MP salınımı olduğu, maks. 43428 adet MP döküntüsü çaya geçebileceği tespit edilmiştir.

Tablo 4.3. Çay poşetlerinde doğrudan filtrasyon sonrasında Nil kırmızısı boyama tekniği ile mikroplastik inceleme sonuçları

TB No:1	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	12320	18690	840	31850
Standard Error	739,1663524	1599,977802	140,9622106	1994,532008
Median	12600	18900	840	33600
Mode	15120	25620	0	40320
Standard Deviation	4048,58085	8763,439334	772,0818252	10924,50172
Sample Variance	16391006,9	76797868,97	596110,3448	119344737,9
Kurtosis	0,308626522	-1,134211286	-1,279437139	-0,14438729
Skewness	-0,552056292	-0,116511419	0,428208817	-0,336243197
Range	17220	31080	2100	44940
Minimum	2520	3360	0	10080
Maximum	19740	34440	2100	55020
Sum	369600	560700	25200	955500
TB No:2	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	6594	15652	1330	23576
Standard Error	593,3378406	1635,222815	238,3405272	1963,761907
Median	7350	14490	1260	25200
Mode	8400	11340	0	17220
Standard Deviation	3249,845195	8956,484224	1305,444831	10755,96694
Sample Variance	10561493,79	80218609,66	1704186,207	115690824,8
Kurtosis	-0,678334595	0,983397469	1,700483212	0,206637386
Skewness	-0,434434101	0,899646826	1,125519785	0,199632468
Range	12180	39060	5460	46620
Minimum	0	2520	0	4200
Maximum	12180	41580	5460	50820
Sum	197820	469560	39900	707280
TB No:3	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	13440	15918	1470	30828
Standard Error	677,5289789	850,3994193	183,1844746	1125,646113
Median	12810	15960	1680	28980

Tablo 4.3. (Devamı)

Mode	12180	16380	0	28980
Standard Deviation	3710,979051	4657,829449	1003,342689	6165,41768
Sample Variance	13771365,52	21695375,17	1006696,552	38012375,17
Kurtosis	-0,114481438	-0,43798456	-0,976111155	-0,286682039
Skewness	0,613486157	0,330057274	0,024389772	0,896276373
Range	14700	18480	3360	21420
Minimum	7980	7140	0	22260
Maximum	22680	25620	3360	43680
Sum	403200	477540	44100	924840
TB No:4	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	14784	26852	1792	43428
Standard Error	1441,698998	1115,340307	206,8429356	1994,047141
Median	14700	26040	1680	42420
Mode	7980	#N/A	1260	33180
Standard Deviation	5583,676208	4319,694434	801,0992448	7722,911368
Sample Variance	31177440	18659760	641760	59643360
Kurtosis	1,788690827	-0,260856135	-0,60685963	-1,228609839
Skewness	1,116469793	0,579612458	0,77163908	0,007088446
Range	21000	15120	2520	22680
Minimum	7980	20580	840	31500
Maximum	28980	35700	3360	54180
Sum	221760	402780	26880	651420
TB No:5	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	5460	10612	602	16674
Standard Error	649,4135285	657,4605272	118,5946443	1095,809007
Median	5250	10080	420	15750
Mode	0	10080	0	11760
Standard Deviation	3556,984387	3601,059614	649,5696188	6001,993117
Sample Variance	12652137,93	12967630,34	421940,6897	36023921,38
Kurtosis	-0,579248409	1,610615654	1,260863035	0,331605724
Skewness	0,19706624	1,12016355	1,242207925	0,743710702
Range	12600	15540	2520	25620
Minimum	0	5880	0	7140
Maximum	12600	21420	2520	32760
Sum	163800	318360	18060	500220
TB No:6	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	8316	8694	336	17346
Standard Error	730,3542834	550,4381953	88,69630479	994,135979
Median	9030	8820	0	17640
Mode	6300	10500	0	17640
Standard Deviation	4000,31516	3014,874161	485,809669	5445,107009
Sample Variance	16002521,38	9089466,207	236011,0345	29649190,34
Kurtosis	0,877793753	0,130576799	1,076430537	0,965469546
Skewness	-0,730126828	-0,23985875	1,420945943	-0,582376566
Range	18480	13020	1680	26040
Minimum	-2100	2520	0	2940
Maximum	16380	15540	1680	28980
Sum	249480	260820	10080	520380
TB No:7	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	11116	17682	1260	30058
Standard Error	1020,421549	1661,474584	199,3506701	2583,305794



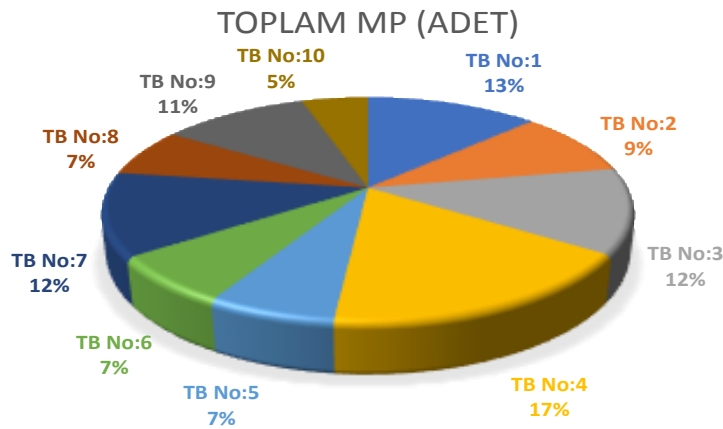
Tablo 4.3. (Devamı)

Median	9660	18900	1260	29400
Mode	9240	17220	0	16380
Standard Deviation	5589,079006	9100,271083	1091,888588	14149,34857
Sample Variance	31237804,14	82814933,79	1192220,69	200204064,8
Kurtosis	0,007510684	-0,657489587	1,881650668	-0,566784785
Skewness	0,557594909	-0,151199612	1,236389879	0,070873689
Range	22680	36120	4200	57120
Minimum	420	0	0	2520
Maximum	23100	36120	4200	59640
Sum	333480	530460	37800	901740
TB No:8	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	6664	9100	1680	17444
Standard Error	526,2850938	651,5212967	242,4871131	1186,429939
Median	7140	9240	1680	17640
Mode	7140	9240	1680	21000
Standard Deviation	2038,293404	2523,331132	939,1485505	4595,023395
Sample Variance	4154640	6367200	882000	21114240
Kurtosis	0,400603289	-0,332532548	-0,92967033	0,200462186
Skewness	-0,105325124	-0,094675608	0,353839328	-0,088706183
Range	7980	8820	2940	16800
Minimum	2520	4620	420	10080
Maximum	10500	13440	3360	26880
Sum	99960	136500	25200	261660
TB No:9	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	10696	15736	868	27300
Standard Error	1275,471299	1674,52787	158,4772365	2955,064851
Median	8190	13650	840	23520
Mode	3360	8820	0	10080
Standard Deviation	6986,044019	9171,766874	868,0155727	16185,55678
Sample Variance	48804811,03	84121307,59	753451,0345	261972248,3
Kurtosis	-1,43461234	-1,183802529	-0,475577886	-1,480108973
Skewness	0,241698309	0,276745393	0,658009555	0,235512285
Range	22680	32760	2940	51660
Minimum	0	1680	0	5880
Maximum	22680	34440	2940	57540
Sum	320880	472080	26040	819000
TB No:10	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	4760	6636	896	12292
Standard Error	765,8414349	636,6112872	189,6915827	1276,297663
Median	4410	7140	630	12180
Mode	0	9240	0	2520
Standard Deviation	4194,686294	3486,863624	1038,983588	6990,5702
Sample Variance	17595393,1	12158217,93	1079486,897	48868071,72
Kurtosis	0,477951884	-0,778968992	2,238012932	0,609260654
Skewness	0,664522292	-0,406800847	1,432459613	0,453790207
Range	16800	12180	4200	30660
Minimum	0	-420	0	1260
Maximum	16800	11760	4200	31920
Sum	142800	199080	26880	368760

1. aşama incelemeleri neticesinde elde edilen sonuçlara göre poşet çayların sıcak su ile demlenmesi neticesinde poşet çay içerisinde bulunan plastik malzemeden sıvıya geçiş olmaktadır. Bu çalışmada yapılan sınıflandırmada rastlanan plastikler parçacık, film ve lif şeklinde ifade edilmiş olsa da buradaki plastiklerin temel kaynağı poşet doku üretiminde kullanılan plastik elyaftır. Bu elyaftan kaynaklanan plastik parçalar, mikroskop altındaki incelemelerdeki genel görünümüne göre şekilsel olarak sınıflandırılmış olsa da, kaynaklarının aynı olduğu yani çay poşeti olduğu anlaşılmaktadır.

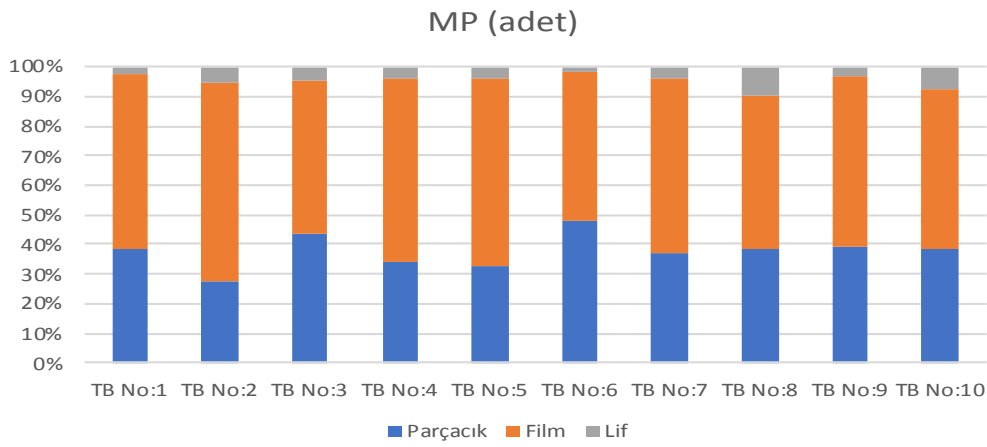
Toplam MP kirliliği açısından değerlendirildiğinde en kirli diyebileceğimiz poşet çay, 4 numaralı olandır. Ayrı ayrı değerlendirildiğinde de en azla parçacık, film ve lif formundaki plastiğin 4 nolu çay poşetinden geçtiği anlaşılmaktadır. En az MP döküntüsü olan poşet çay ise 10 numaradır. Bu durum üretiminde selüloza ilaveten farklı miktarlarda plastik kullanılabilen farklı marka poşet çayların aynı koşullarda demleme sonrasında bile, büyük ihtimalle içeriğindeki plastikle orantılı şekilde mikroplastik döküntüsüne sebep olabileceği şeklinde yorumlanabilir.

Şekil 4.1.'de demlenen farklı poşet çaylardan sıcak suya, dolayısıyla içilecek çaya geçebilecek toplam MP sayıları görülmektedir. Bu sonuçlar poşet çay demleme sonrasında 0.45 mikrometre cam elyaf filtre kağıdı üzerine filtrasyon ve Nil kırmızısı ile boyama neticesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Poşet çaylardan sıcak suya geçen toplam MP oranları

Şekil 4.2.'de demlenen poşet çaylardan sıcak suya geçen ve mikroskop altında parçacık, film ve lif şeklinde görülen toplam MP oranları görülmektedir. Buradaki parçacık olarak tanımlanan plastikler mikroskopta daha küçük ve dolgun görünen parçalardır, film olarak tanımlananlar ise daha ince görünümde olan parçaları ifade etmek amacıyla kullanılmıştır. Lif olarak tanımlananlar ise görünümü uzun lif yapısına uyan mikroplastik liflerdir. Parçacık, film ve liflerin boyutları dikkate alındığında bu çay poşetlerin içeriğindeki plastik elyaftan irili ufaklı birçok döküntünün içilecek çaya geçebileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.2. Farklı poşet çaylarda demleme+filtrasyon sonrası parçacık, film ve lif formunda görülen MP oranları

#### 4.2.3. Peroksit ile muamele

Cam elyaf üzerinden filtre edilen numune filtrasyondan sonra filtrelerdeki kalıntıların % 30 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltisi kullanılarak yapılan mikro plastiklerin muamele edilmesi, büyük miktarda organik safsızlığı giderebilmektedir. Doğal organik döküntülerin sindirimi için peroksit ile muamele edilmiştir. Bu sayede organiklerin oksidasyonu sağlanmıştır.

Poşet çaylar üzerinde yapılan ikinci aşama (filtrasyon+Peroksit ilavesiyle oksidasyon ön işlemi) sonrası mikroplastik inceleme sonuçları aşağıda Tablo 4.3.' de verilmiştir. Peroksit ile muamele sonrası min. 5157 adet MP salınımı olduğu, maks. 26812 adet MP döküntüsü çaya geçebileceği tespit edilmiştir.

Tablo 4.4. Çay poşetlerinde H2O2 oksidasyonu sonrasında Nil kırmızısı boyama tekniği ile mikroplastik inceleme sonuçları

TB No:1	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	7996,8	18194,4	621,6	26812,8
Standard Error	556,3903666	952,428139	106,0309389	1291,953498
Median	7980	18480	420	26880
Mode	4200	19320	0	22260
Standard Deviation	2781,951833	4762,140695	530,1546944	6459,767488
Sample Variance	7739256	22677984	281064	41728596
Kurtosis	-0,29413432	-0,239857501	-1,167450997	-0,182352294
Skewness	-0,023276892	-0,237960692	0,319079247	-0,375713813
Range	11340	18900	1680	25620
Minimum	2100	6720	0	10920
Maximum	13440	25620	1680	36540
Sum	199920	454860	15540	670320
TB No:2	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	7560	10668	756	18984
Standard Error	613,9283346	543,8418888	121,2435565	964,7818406
Median	7140	10080	840	18480
Mode	6300	10080	420	16800
Standard Deviation	3069,641673	2719,209444	606,2177826	4823,909203
Sample Variance	9422700	7394100	367500	23270100
Kurtosis	0,321635262	-1,042212296	-1,324496443	-0,439159987
Skewness	0,734326948	0,197459932	0,19880931	0,272110633
Range	12180	9660	1680	18060
Minimum	3360	5880	0	10500
Maximum	15540	15540	1680	28560
Sum	189000	266700	18900	474600
TB No:3	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	5040	9777,6	151,2	14968,8
Standard Error	453,0033112	849,5774008	53,56715412	1063,321889
Median	4620	9240	0	13860
Mode	4620	7560	0	12600
Standard Deviation	2265,016556	4247,887004	267,8357706	5316,609446
Sample Variance	5130300	18044544	71736	28266336
Kurtosis	-0,063862479	-0,444459061	1,636848015	-0,593712398
Skewness	0,344777556	0,491782156	1,622892142	0,517368889
Range	9240	15540	840	17640
Minimum	420	3780	0	7140
Maximum	9660	19320	840	24780
Sum	126000	244440	3780	374220
TB No:4	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	10332	11155,2	453,6	21940,8
Standard Error	1130,364543	1179,265466	93,66408063	2228,281095
Median	9660	8400	420	18480
Mode	13440	7560	0	10080
Standard Deviation	5651,822715	5896,327331	468,3204031	11141,40548
Sample Variance	31943100	34766676	219324	124130916
Kurtosis	0,85377496	-1,012483849	0,56634959	-0,07729278
Skewness	0,740662326	0,212443427	1,007003787	0,457539769
Range	24360	22260	1680	46200
Minimum	0	840	0	1260
Maximum	24360	23100	1680	47460
Sum	258300	278880	11340	548520

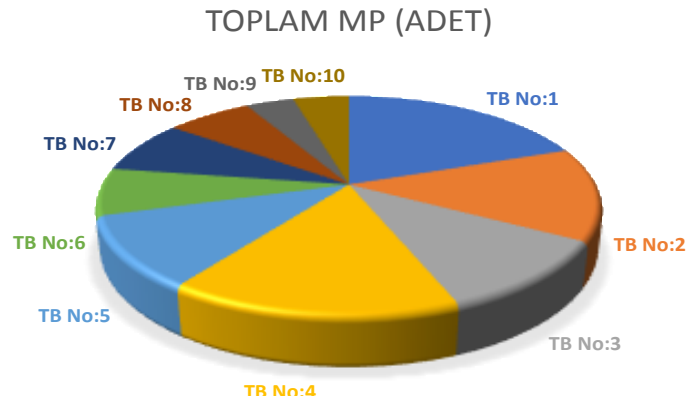
Tablo 4.4. (Devamı)

TB No:5	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	5594,4	8668,8	235,2	14498,4
Standard Error	789,3765641	1188,157161	76,98727168	1945,514472
Median	6720	10920	0	17640
Mode	0	1680	0	22680
Standard Deviation	3946,882821	5940,785807	384,9363584	9727,572359
Sample Variance	15577884	35292936	148176	94625664
Kurtosis	-1,714328121	-1,180684337	2,425093885	-1,813852238
Skewness	-0,240643225	0,046859555	1,749583395	-0,267356097
Range	10500	20160	1260	26460
Minimum	0	840	0	1260
Maximum	10500	21000	1260	27720
Sum	139860	216720	5880	362460
TB No:6	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	3208,8	6098,4	319,2	9626,4
Standard Error	290,8632668	401,4754787	69,77564045	540,0008889
Median	3360	6300	420	9660
Mode	3360	6720	0	9660
Standard Deviation	1454,316334	2007,377394	348,8782022	2700,004444
Sample Variance	2115036	4029564	121716	7290024
Kurtosis	0,083817998	-0,06859644	0,629040466	1,695084773
Skewness	-0,585853652	-0,36079951	0,969458855	-0,795417307
Range	5460	8400	1260	11760
Minimum	0	1260	0	1680
Maximum	5460	9660	1260	13440
Sum	80220	152460	7980	240660
TB No:7	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	4149,6	6182,4	487,2	10819,2
Standard Error	398,683032	490,1119872	107,5724872	721,4877962
Median	3780	6300	420	10080
Mode	2520	4200	0	10080
Standard Deviation	1993,41516	2450,559936	537,8624359	3607,438981
Sample Variance	3973704	6005244	289296	13013616
Kurtosis	0,459332266	-0,393826024	0,030449596	-0,713156987
Skewness	0,368393381	0,081139984	0,970496548	0,268683711
Range	8820	9660	1680	12180
Minimum	0	1680	0	5040
Maximum	8820	11340	1680	17220
Sum	103740	154560	12180	270480
TB No:8	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	2604	5880	672	9156
Standard Error	370,9339564	572,8036313	130,5833067	774,8212697
Median	2100	5880	420	7980
Mode	1260	5880	840	8820
Standard Deviation	1854,669782	2864,018156	652,9165337	3874,106349
Sample Variance	3439800	8202600	426300	15008700
Kurtosis	-0,530455052	0,067870489	5,122811635	-0,183425833
Skewness	0,599589288	0,354791407	1,822752046	0,762919617
Range	6720	11760	2940	14700
Minimum	0	840	0	2940
Maximum	6720	12600	2940	17640
Sum	65100	147000	16800	228900

Tablo 4.4. (Devamı)

TB No:9	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	2251,2	2704,8	201,6	5157,6
Standard Error	583,9258857	537,9061628	54,86857024	1010,190952
Median	1260	1680	0	2520
Mode	0	1260	0	1260
Standard Deviation	2919,629429	2689,530814	274,3428512	5050,954761
Sample Variance	8524236	7233576	75264	25512144
Kurtosis	2,129580833	2,1968695	0,129983171	-0,137628875
Skewness	1,580305747	1,414579313	1,054595193	1,023050054
Range	10500	10920	840	16800
Minimum	0	0	0	0
Maximum	10500	10920	840	16800
Sum	56280	67620	5040	128940
TB No:10	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	3679,2	1881,6	420	5980,8
Standard Error	431,9266604	314,4114502	84	667,733959
Median	3780	1680	420	6720
Mode	4200	0	0	6720
Standard Deviation	2159,633302	1572,057251	420	3338,669795
Sample Variance	4664016	2471364	176400	11146716
Kurtosis	0,69133854	-1,414428815	-0,845849802	-0,328729147
Skewness	0,494102333	0,07172677	0,543478261	0,186072215
Range	9240	4620	1260	13440
Minimum	0	0	0	0
Maximum	9240	4620	1260	13440
Sum	91980	47040	10500	149520

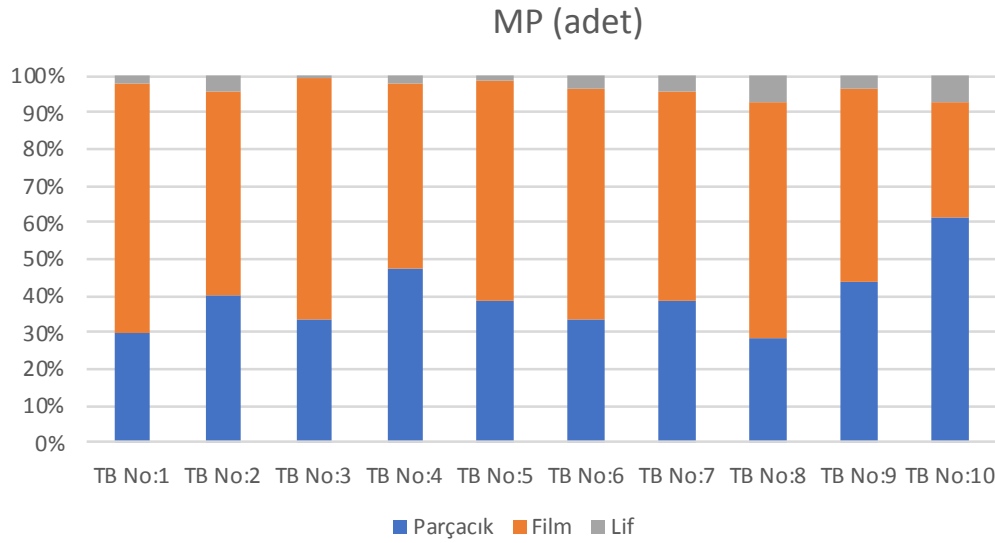
Demleme sonrası filtrasyon ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (hidrojen peroksit) ile oksidasyon işlemi yapılmış 10 adet farklı numune ile yapılan çalışmada, farklı poşet çaylardan sıcak suya, dolayısıyla içilecek çaya geçebilecek toplam MP sayıları Şekil 4.3.'de verilmiştir. Bu sonuçlar poşet çay demleme sonrasında 0.45 mikrometre cam elyaf filtre kağıdı üzerine filtrasyon ve Nil kırmızısı ile boyama neticesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.3. Poşet çaylardan sıcak suya geçen toplam MP oranları ((Peroksitle oksidasyon yapılmış sonuçlar)

2.aşama inceleme sonuçlarına göre toplam mikroplastik kirliliği açısından değerlendirme yapılırsa en kirli sayılabilecek poşet çay, 1 numaralıdır daha sonrasında ise 4 numara gelmektedir. En temiz olarak ise 9 ve 10 numara söylenebilir.

Şekil 4.4.'de demlenen ve filtrasyon sonrasında hidrojen peroksitle muamele edilen poşet çaylardan sıcak suya geçen ve mikroskop altında parçacık, film ve lif şeklinde görülen toplam MP oranları görülmektedir.



Şekil 4.4. Farklı poşet çaylarda demleme+filtrasyon +peroksit muamelesi sonrası parçacık, film ve lif formunda görülen MP oranları

#### 4.2.4. Cuam ile muamele

Asetat filtreye üzerinden filtre edilen numune filtrasyondan sonra filtre kağıdı cuam çözeltisi içinde 2 gün boyu çalkama işlemi yapılarak çözülmesi beklenmiştir. Daha sonra cam elyaf üzerine alınarak, içinde filtresi çözünen numune ile filtrasyon işlemi yapılmıştır. Ardından tüm liflerin çözülmesi için HCL çözeltisi kullanılarak yapılan işlem ile mikro plastiklerin muamele edilerek tüm selülozik liflerin filtreye geçmesi sağlanmıştır.

Poşet çaylar üzerinde yapılan üçüncü aşama (filtrasyon+cuam ilavesiyle) sonrası mikroplastik inceleme sonuçları aşağıda Tablo 4.5.' te verilmiştir. Cuam ile muameleme sonrasında min. 4.015 adet MP salınımı olduğu, maks. 24.561 adet MP döküntüsü çaya geçebileceği tespit edilmiştir.

Tablo 4.5. Tablo Çay poşetlerinde cuam sonrasında Nil kırmızısı boyama tekniği ile mikroplastik inceleme

TB No:1	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	6098,4	6955,2	117,6	13171,2
Standard Error	762,628717	626,2930943	45,49461507	963,8306075
Median	6300	5880	0	13440
Mode	2100	9660	0	16800
Standard Deviation	3813,143585	3131,465472	227,4730753	4819,153038
Sample Variance	14540064	9806076	51744	23224236
Kurtosis	-1,552266818	-0,123929738	2,937783785	-1,126351567
Skewness	0,112653873	0,699578684	1,863704912	-0,276380036
Range	11760	12600	840	15960
Minimum	840	1260	0	5040
Maximum	12600	13860	840	21000
Sum	152460	173880	2940	329280
TB No:2	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	10231,2	13876,8	453,6	24561,6
Standard Error	1397,382353	1267,556011	116,0903097	2312,686438
Median	9240	13020	420	24780
Mode	13860	7560	0	11760
Standard Deviation	6986,911764	6337,780053	580,4515484	11563,43219
Sample Variance	48816936	40167456	336924	133712964
Kurtosis	-1,00022965	0,347646152	1,75538883	-1,170417561
Skewness	0,380883121	0,958329267	1,492444684	0,302414779
Range	23940	23100	2100	36960
Minimum	1260	6300	0	8820
Maximum	25200	29400	2100	45780
Sum	255780	346920	11340	614040
TB No:3	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	6804	10668	50,4	17522,4
Standard Error	673,7477273	927,8103254	27,85964824	1390,345914
Median	7980	9660	0	17640
Mode	4620	9660	0	17640
Standard Deviation	3368,738636	4639,051627	139,2982412	6951,729569
Sample Variance	11348400	21520800	19404	48326544
Kurtosis	-0,63870431	-0,649787474	4,563420769	-0,799218706
Skewness	-0,549054962	0,33591956	2,49074589	0,038738537
Range	12600	16800	420	26040
Minimum	-420	3780	0	4620
Maximum	12180	20580	420	30660
Sum	170100	266700	1260	438060



Tablo 4.5. (Devamı)

TB No:4	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	9492	9945,6	151,2	19588,8
Standard Error	1313,017898	718,8096827	47,76442191	1739,476197
Median	8400	10080	0	20160
Mode	6300	10080	0	21000
Standard Deviation	6565,089489	3594,048414	238,8221095	8697,380985
Sample Variance	43100400	12917184	57036	75644436
Kurtosis	5,200415643	1,065787327	1,036052858	4,87006914
Skewness	1,770751545	-0,408509478	1,343212672	1,626537483
Range	32340	16380	840	42840
Minimum	0	420	0	6720
Maximum	32340	16800	840	49560
Sum	237300	248640	3780	489720
TB No:5	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	7420	3196,666667	23,33333333	10640
Standard Error	2791,959042	1026,058198	23,33333333	3654,85656
Median	3360	1890	0	4620
Mode	3360	2940	0	4620
Standard Deviation	11845,27903	4353,196256	98,99494937	15506,24314
Sample Variance	140310635,3	18950317,65	9800	240443576,5
Kurtosis	3,529639115	9,515472425	18	4,667531065
Skewness	2,15762952	2,941613217	4,242640687	2,377746322
Range	38640	18480	420	52920
Minimum	0	0	0	1680
Maximum	38640	18480	420	54600
Sum	133560	57540	420	191520
TB No:6	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	6300	5661,6	50,4	12012
Standard Error	802,4088733	1004,236307	27,85964824	1579,147871
Median	6300	3780	0	10080
Mode	6300	0	0	9660
Standard Deviation	4012,044367	5021,181534	139,2982412	7895,739357
Sample Variance	16096500	25212264	19404	62342700
Kurtosis	0,564016564	-0,759409575	4,563420769	-0,65022173
Skewness	0,808361067	0,654299061	2,49074589	0,488630425
Range	16800	16380	420	29400
Minimum	0	0	0	0
Maximum	16800	16380	420	29400
Sum	157500	141540	1260	300300

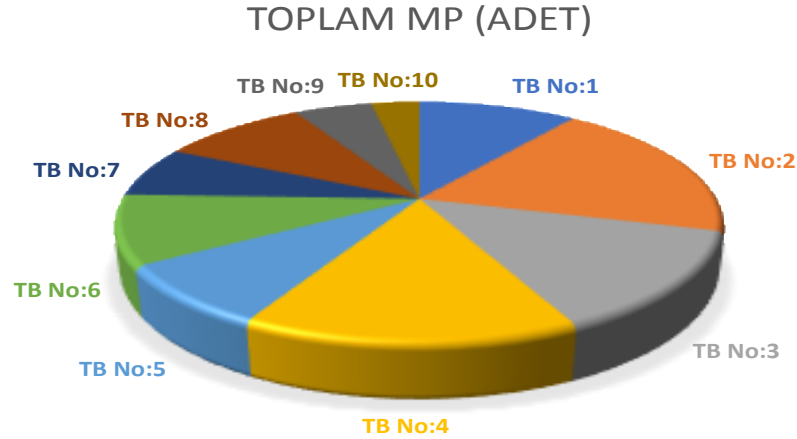
Tablo 4.5. (Devamı)

TB No:7	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	3292,8	5342,4	84	8719,2
Standard Error	554,3787875	520,3707909	42	759,600316
Median	3360	5040	0	8400
Mode	0	5040	0	11760
Standard Deviation	2771,893937	2601,853954	210	3798,00158
Sample Variance	7683396	6769644	44100	14424816
Kurtosis	4,199110928	0,66354028	6,656126482	0,081010144
Skewness	1,540821356	0,749668629	2,608695652	0,485282183
Range	12600	11340	840	15540
Minimum	0	840	0	2100
Maximum	12600	12180	840	17640
Sum	82320	133560	2100	217980
TB No:8	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	6367,2	5476,8	436,8	12280,8
Standard Error	806,3124953	642,6960712	154,2797459	830,2413143
Median	5460	5040	0	12600
Mode	3360	5040	0	14280
Standard Deviation	4031,562476	3213,480356	771,3987296	4151,206572
Sample Variance	16253496	10326456	595056	17232516
Kurtosis	0,971202054	-0,031693133	2,80514144	0,434187362
Skewness	0,845141715	0,548496445	1,90995674	-0,580150004
Range	16800	12600	2520	17220
Minimum	0	840	0	2100
Maximum	16800	13440	2520	19320
Sum	159180	136920	10920	307020
TB No:9	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	4368	1932	184,8	6484,8
Standard Error	863,8124797	434,4513782	64,52162428	1115,461806
Median	3360	1680	0	5880
Mode	0	1680	0	1680
Standard Deviation	4319,062398	2172,256891	322,6081214	5577,309029
Sample Variance	18654300	4718700	104076	31106376
Kurtosis	-0,415686245	1,623973235	4,288327488	0,177074943
Skewness	0,813309649	1,488797762	2,016632947	0,949525873
Range	15120	7980	1260	20160
Minimum	-1260	0	0	420
Maximum	13860	7980	1260	20580
Sum	109200	48300	4620	162120

Tablo 4.5. (Devamı)

TB No:10	Parçacık	Film	Lif	Toplam
Mean	1579,2	2268	168	4015,2
Standard Error	397,9153679	362,9214791	76,68115805	542,8029477
Median	1260	1680	0	3360
Mode	0	1680	0	3360
Standard Deviation	1989,576839	1814,607396	383,4057903	2714,014738
Sample Variance	3958416	3292800	147000	7365876
Kurtosis	4,685564527	-0,004274598	10,11320158	0,42312797
Skewness	1,91900243	0,983189678	3,000567054	0,86004206
Range	8400	6300	1680	10500
Minimum	0	0	0	420
Maximum	8400	6300	1680	10920
Sum	39480	56700	4200	100380

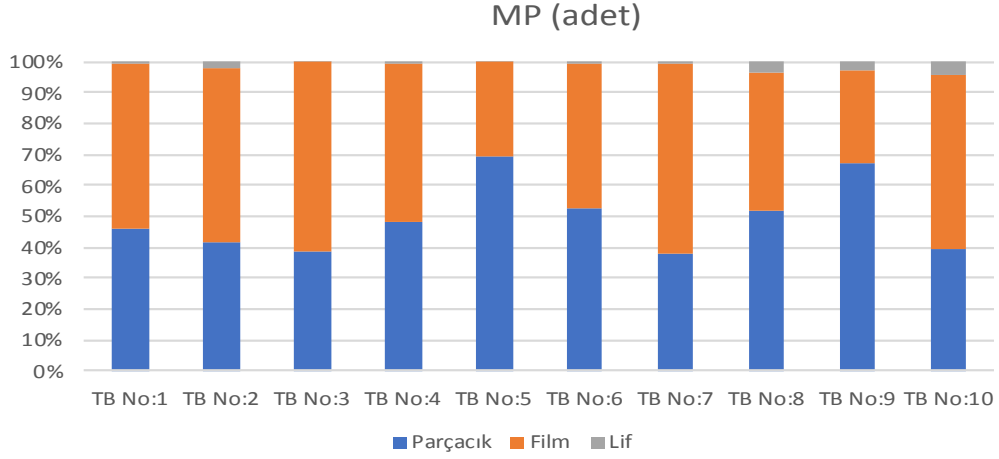
Demleme sonrası filtrasyon ve Cuam çözeltisi ile işlem yapılmış 10 adet farklı numune ile yapılan çalışmada, farklı poşet çaylardan sıcak suya, dolayısıyla içilecek çaya geçebilecek toplam MP sayıları Şekil 4.5.'te verilmiştir. Bu sonuçlar poşet çay demleme sonrasında 0.45 mikrometre cam elyaf filtre kağıdı üzerine filtrasyon ve Nil kırmızısı ile boyama neticesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.5. Poşet çaylardan sıcak suya geçen toplam MP oranları (Cuam çözeltisi ile yapılmış sonuçlar)

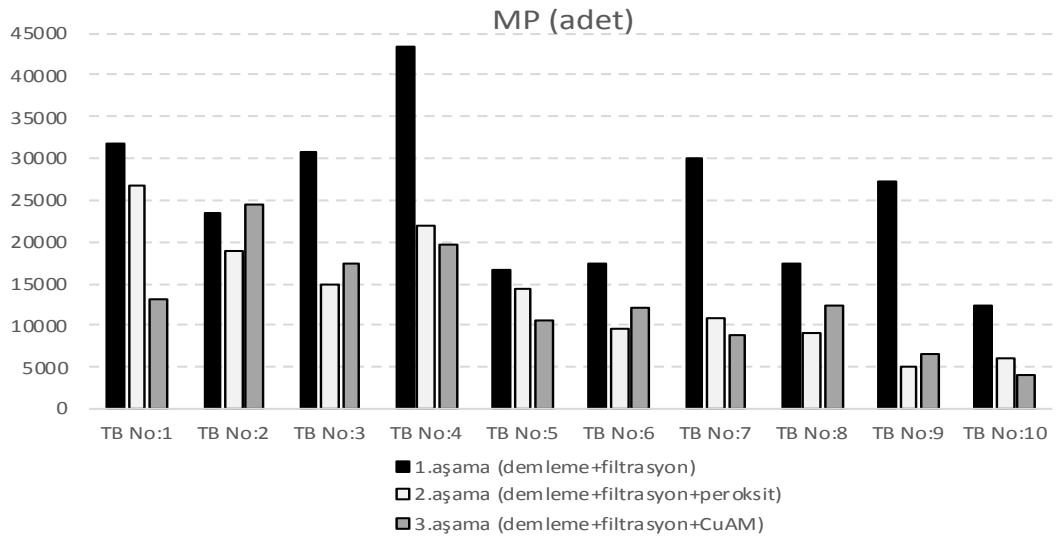
3.aşama inceleme sonuçlarına göre toplam mikroplastik kirliliği açısından değerlendirme yapılırsa en kirli sayılabilecek poşet çay, 2 numaralıdır daha sonrasında ise 4 numara gelmektedir. En temiz olarak ise 9 ve 10 numara söylenebilir.

Şekil 4.6.'da demlenen ve filtrasyon sonrasında cuam çözeltisi ile muamele edilen poşet çaylardan sıcak suya geçen ve mikroskop altında parçacık, film ve lif şeklinde görülen toplam MP oranları görülmektedir.



Şekil 4.6. Farklı poşet çaylarda demleme+filtrasyon +cuam muamelesi sonrası parçacık, film ve lif formunda görülen MP oranları

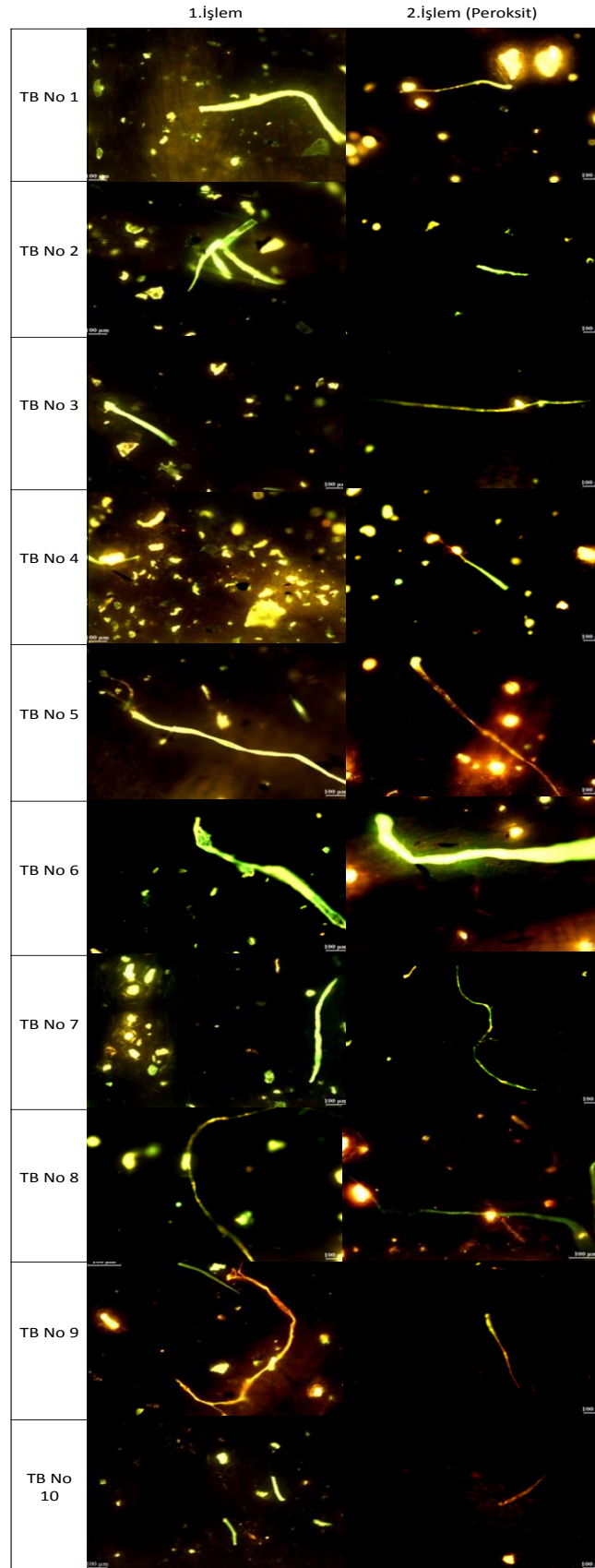
Yapılan 1.aşama (demleme+filtrasyon) ve 2.aşama (demleme+filtrasyon+peroksitle oksidasyon) işlemleri sonucunda elde edilen mikroplastik oranları aşağıdaki Şekil 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Organiklerin oksidasyonu yapılmış ve yapılmamış numunelerde MP inceleme Sonuçları

Şekil 4.7.'den anlaşıldığı gibi, organiklerin oksidasyonu amacıyla yapılan hidrojen peroksitle muameleden sonra tüm poşet çaylar için MP miktarının düştüğü anlaşılmaktadır. Bunun sebebi çok küçük boyutta olan parçacıkların peroksitle uzun muamele sonrasında azalması olabilir. Numuneler üzerinde yapılan mikroskobik incelemeler sonrasında, genel olarak parçacıkların 5 µm, film formunda olanların 10-30 µm, lif formundakilerin ise 100 µm'den büyük olduğu anlaşılmıştır. Bazı numunelerde 2000 µm boyutlarına kadar bulunabilen mikroliflere de rastlanmıştır.

Poşet çaylar üzerinde Nil kırmızısı boyama tekniği ile yapılan mikroplastik incelemelerine ait bazı mikroskobik görüntüler Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Nil kırmızısı boyama tekniği ile yapılan mikroplastik incelemelerine ait bazı mikroskopik görüntüler

## **BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Plastikler günümüzde pek çok alanda kullanımı olan dayanıklı malzemelerdir. Plastiklerin çeşitli fizikler etkilerden dolayı parçalanarak daha küçük parçalara ayrılması ile mikro boyutta plastikler oluşabilmektedir. Mikroplastik, bulunduğu ortamda doğrudan kirletici olarak veya üzerindeki kimyasal kirletici maddelerin gıdaya aktarımı yoluyla gıda güvenliğini etkileyebilmektedir. Yapılan araştırmalar oluşan mikro boyutlu parçacıkların tarım arazilerine, besin zincirinde ve sucul ekosisteme ulaşması olumsuz etkilerinin olabileceğini göstermektedir. Napper (2016) sentetik tekstil ve giyim ürünlerinin yıkanmasında kopan lifler sonucu ortaya çıkan mikroplastiklerin sucul ekosisteme ulaştığını göstermiştir. Diğer bir araştırmada işlenmemiş sularda ve arıtma tesislerinden toplanılarak, arıtılmış içme sularının mikroplastik varlığı bildirilmiştir. İnsanların sıkça tükettiği maddelerde bu denli mikroplastik bulunması henüz insan sağlığına net etkisi bilinmese de, uzun süreli maruziyet sonucunda toksik etkisinin olabileceği tahmin edilebilmektedir.

Dr Fay Couceiro'nun İngiltere'de yapmış olduğu bir araştırma sonucunda evlerde mikroplastik tehlikesinin sanıldığından 100 kat daha kötü olduğunu bildirmektedir. En az asbest ve tütün kadar tehlikeli olan ve kıyafetlerimizden, oyuncaklarımıza her yerde yer alan bu partiküllerin solunarak maruz kalındığını ve günde yaklaşık 7000'e yakın MP solunduğunu belirtmiştir. Nur Hazimah Mohamed Nor yapmış olduğu çalışmada (2021) insanların maruz kaldığı mikroplastik ve ömür boyu birikimi çözilememiş olsa da, mikroplastiklerin vücut dokularında birikmesi, fiziksel strese, iltihaplanmaya ve bağışıklık üzerine olumsuz etkisinin olabileceği üzerine çalışma yapmıştır (Nor ve ark., 2021) Çeşitli alanlarda kullanılan nonwoven plastik elyaf dokulu malzemelerin, özellikle tek kullanımlık ürünlerin hayatımıza bu kadar girmiş olmasının yanlış olduğu görülmektedir. 2019 yılında Kanada'da yapılan araştırmada, yılda 74.000 - 121.000 arasında mikroplastik yutulabileceği ve solunabileceği bildirilmiştir. Gıdalarda dahil

her alanda kullanılan nonwoven dokulardaki MP salınımlarının üzerine yapılan bu araştırma, gıda kirliliği ve güvenliği açısından önem arz etmektedir.

Mikroplastiklerin imalatında kullanılan bazı monomer ve oligomerler gibi kimyasalar maddeler, özellikle dış yüzeyine yerleşen kalıcı poliklorlubifeniller, hidrokarbonlar, organoklorlupestitsler gibi hidrofobik organik maddelerin mikroplastikler ile insan vücuduna alınması sağlık üzerine zararlı etkileri ortaya çıkabilmektedir. Gıdalardaki mikroplastik kirliliği, üretim proses aşamalarında, üretilen malzemelerden veya ürün paketlenme esnasında tercih edilen ürünlerden kaynaklı olabilmektedir. Bu çalışma, çay poşeti gibi gıda temaslı olarak kullanılan dokumasız kumaş gibi malzemelere dikkat verilmesi gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Kullanılan demleme çay poşetlerin dökme çaylara göre hem atık miktarını arttırması hem de plastik içeren çay poşetlerin kompostlanamayacak olması dikkate alındığında bu durum sıfır atık kavramı ve sürdürülebilirlik yaklaşımına uygun düşmemektedir. Kompostlama ve atık bertaraf süreçlerinde içerisinde barındığı mikroplastiklerin toprağa karışması ve yüzyıllar boyunca toprakta kalması muhtemeldir. Bundan dolayı, gıda üretim süreçleri, yaşam döngüsü ve etkileriyle ilgili değerlendirmelerde MP kirliliğinin de dikkate alınması gerekli görünmektedir.

Mikroplastiklerin gıdalarda bulunuşu üzerine yapılan çalışmalar, gıda tüketimi yoluyla insanların mikroplastik parçacıkları göz ardı edilemez bir şekilde yutulma potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Günlük hayatta sıklıkla kullanılan plastik veya plastik ilaveli gıda temaslı ürünlerden yoğun miktarlardamikro ve nanoplastiğe maruz kalınabilir. İnsanlar için yağın ve yoğun kullanılan bir ürün olan demleme çay poşetleri üzerine araştırma yapılmış olup, buradaki potansiyel mikroplastik salımının değerlendirilmiştir. Poşet çayların (demlik poşeti) nonwoven dokuları üzerinde yapılan ATF-FT-IR analizleri sonucunda poşetlerin selüloz ile karışmış şekilde, sekiz çay markasının PE-LD (Low-densitypolyethylene) içerdiği, birinin polipropilen (PP) ve bir tanesinin ise polyester (PET %30 glass fiber) içerdiğitespitedilmiştir. Toplumumuzda çok fazla tüketilen bir içecek olan poşet çayların (demlik poşeti), ne kadar mikroplastik içerebileceği ve insanların bu yolla ne kadar mikroplastığe maruz kalabileceği konusunda bulgular elde edilmiştir. Bir demlik poşetten minimum 4.000



adet MP ve maksimum 43.000 adet MP döküntüsü çaya geçebilmektedir. İnceleme yapmış olduğumuz yöntemler doğrultusunda doğrudan inceleme ile peroksit ile muamele ve cuam ile muamele yöntemlerine göre; gıda temaslı olarak UYGUN denilen malzemeler, özellikle de sıcaklığın da etkisiyle yüksek miktarlarda mikroplastik salımı yapabilmekte ve bu da içeceğe geçebilmektedir. Buna ilaveten demleme sırasında havadan (özellikle lifler) ve demleme yapmak için kullanılan sulardan (musluk veya şişe) içeceğe mikroplastiklerin geçmesi söz konusudur. ConcettaPironti ve arkadaşlarının (2021) yapmış olduğu çalışmada gıdadan alınan mikroplastiklerin ve insan maruziyet dozu dikkate alınırca, sağlık açısından toksik etkilerinin olabileceği bildirilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akçay ve ark. (2020). Mikroplastikler: Gıdalarda Bulunuşu ve Sağlık Üzerine Etkileri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 531.
- Arı ve Öğüt. (2021). Mikroplastikler ve Çevresel Etkileri. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 864-877.
- Ertuğrul Esmeray, Cevat Armutcu (2020). Mikroplastikler, Çevre-İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, 839-868, <https://doi.org/10.29130/dubited.586453>
- Aslan, P. D. (2018). Mikroplastikler: Hayatı Kuşatan Yeni Tehlike. Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi, 64.
- Bardon, J. A. (2019). Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. *Scienes Advances*, 1-9.
- Barnes, François Galgani, Richard C Thompson, Morton Barlaz (2009). M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 364, 1985–1998, DOI: 10.1098/rstb.2008.0205
- Bell ve Beeler. (2021, Haziran 29). Plastic Recycling Schemes Generate High Volumes of Hazardous Waste. Eylül 22, 2021 tarihinde IPEN: <https://ipen.org/news/plastic-recycling-schemes-generate-high-volumes-hazardous-waste> adresinden alındı
- Bergman, Sophia Mützel, Sebastian Primpke, Mine B. Tekman, Jürg Trachsel, Gunnar Gerds (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances*, Vol 5, Issue 8, 1-10.
- Bouwmeester ve ark. (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environ Sci Technol*, 1-42.
- Bråte, vd. (2016). Plastic ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian coast. *Mar Pollut Bull*, 2016 Nov 15;112(1-2), 105-110.

- Bringer ve ark.. (2020). High density polyethylene (HDPE) microplastics impair development and swimming activity of Pacific oyster D-larvae, *Crassostrea gigas*, depending on particle size. *Environmental Pollution*, Volume 260, 113978, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113978>.
- Browne ve ark. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: Sources and Sinks. *Environ. Sci. Technol.* Vol 45. , <https://doi.org/10.1021/es201811s>, 9175-9179.
- Budak ve Şerif. (2020). COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNE YÖNELİK GENEL BİR Sosyal Araştırmalar ve Yönetim Dergisi, 62-79.
- Catarina F Araujo, Mariela M Nolasco, Antonio M P Ribeiro, Paulo J A Ribeiro-Claro (2018). Identification of microplastics using Raman spectroscopy: Latest developments and future prospects. *Water research*, 426-440.
- CIEL. (2019). *Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet*. Washington: CIEL.
- Concetta Pironti, M. R. (2021). Microplastics in the Environment: Intake through the Food Web, Human Exposure and Toxicological Effects. *Toxics*, 1-29.
- Cox ve ark. (2019). Human Consumption of Microplastics. *Environmental Science & Technology*, 7068-7074.
- Çevik ve Gündoğdu. (2019). *Türkiye'deki Deniz Canlılarında Mikroplastik Kirliliği*. İstanbul: Greenpeace Akdeniz.
- Davison ve Asch. (2011). Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 432, <https://doi.org/10.3354/meps09142>, 173-180.
- Ding ve ark. (2021). Spunbonded needle-punched nonwoven geotextiles for filtration and drainage applications: Manufacturing and structural design. *Composites Communications*, Volume 25, 100481, <https://doi.org/10.1016/j.coco.2020.100481>.
- Dunzhu Li, Yunhong Shi, Luming Yang, Liwen Xiao, Daniel K. Kehoe, Yuri K. Gun'ko, John J. Boland&Jing Jing Wang (2020). Microplastic release from the degradation of polypropylene feeding bottles during infant formula preparation. *Nature Food*, 746-754.<https://www.nature.com/articles/s43016-020-00171-y#citeas>
- Erni Cassola, vd. (2017). Lost, but Found with Nile Red: A Novel Method for Detecting and Quantifying Small Microplastics (1 mm to 20 µm) in Environmental Samples. *Environ. Sci. Technol.* 2017, 51, 23, 13641–13648.

- Fox, A. (2019, Nisan 15). Science. Eylül 29, 2021 tarihinde Science Web Sitesi: <https://www.science.org/content/article/airborne-microplastics-found-atop-france-s-remote-pyrenees-mountains> adresinden alındı
- Gabriel Erni Cassola, a. (2017). Lost, but Found with Nile Red: A Novel Method for Detecting and Quantifying Small Microplastics (1 mm to 20  $\mu$ m) in Environmental Samples. *Environmental Science Technology*, 51, 13641–13648.
- Gıda Hattı. (2020, Nisan 27). Gıdalarda Mikroplastik: Mikroplastik'ler bir sağlık sorunu mu? Ekim 1, 2021 tarihinde Gıda hattı web sitesi: <https://www.gidahatti.com/gıdalarda-mikroplastik-mikroplastikler-bir-saglik-sorunu-mu-148362/> adresinden alındı
- Gündoğdu ve Çevik. (2019). Türkiye'deki Deniz Canlılarında Mikroplastik Kirliliği. İstanbul: Greenpeace Akdeniz.
- Halden, R. U. Plastics and health risks. *Annu. Rev. Public Health* 2010, 31, 179– 194
- Hamid ve ark. (2018). Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation? *Waste Management & Research*, 881.
- Han, Junah Bang, Daheui Choi, Jangsun Hwang, Taeho Kim, Yoogyong Oh, Youngdeok Hwang, Jonghoon Choi, ve Jinkee Hong (2021). Surface Pattern Analysis of Microplastics and Their Impact on Human-Derived Cells, *ACS Appl. Polym. Mater.* 2020, 2, 11, 4541–4550, <https://doi.org/10.1021/acsapm.0c00645>
- Hans Bouwmeester, Peter CH Holman, Ruud JB Peters (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environ Sci Technol* ,4;49(15):8932-47, 1-42.
- Hannah S Zurier ve Julie M Goddard (2021, 02). 09 cuma, 2021 tarihinde sciencedirect web sitesi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799320300680> adresinden alındı
- Hernandez, L. M., Xu, E. G., Larsson, H. C. E., Tahara, R., Maisuria, V. B., & Tufenkji, N. (2019). Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea. *Environmental Science & Technology*, 53(21), 12300–12310. doi:10.1021/acs.est.9b02540
- Hwang, J.; Choi, D.; Han, S.; Choi, J.; Hong, J. An assessment of the toxicity of polypropylene microplastics in human derived cells. *Sci. Total Environ.* 2019, Vol 684, 657– 669, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.071>
- Iñiguez ve ark. (2017). Microplastics in Spanish Table Salt. *Microplastics in Spanish Table Salt, Sci. Rep.* 7, 8620. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09128-x>.
- J., P. (2015). GESAMP REPORTS & STUDIES No. 93. LONDON: GESAMP.

- Jang, W. J. (2016). Identification and quantification of microplastics using Nile Red staining. Elsevier, 469-476.
- Kanlı ve Kurt. (2019). Türkiye'nin Çevre Politikaları Kapsamında Mikroplastik Kirlilik Üzerine Bir. 495-514.
- Karami, Abolfazl Golieskardi , Cheng Keong Choo , Vincent Larat , Tamara S Galloway , Babak Salamatnia (2017), The presence of microplastics in commercial salts from different countries, Sci Rep. 6;7:46173. doi: 10.1038/srep46173.
- Lamber ve Wagner. (2016 b). Formation of microscopic particles during the degradation of different. Chemosphere, 510-517.
- lambert ve Wanger. (2016 a). Characterisation of nanoplastics during the degradation of polystyrene. Chemosphere, Vol 145, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.11.078>, 265-268.
- Li, Yan Gao, Shuia He, Hai-Yuan Chi, Ze Chen Li, Xiao Xia Zhou, Bing Yan (2021). Quantification of Nanoplastic Uptake in Cucumber Plants by. : Environ. Sci. Technol. Lett. 2021, 8, doi:10.1021/acs.estlett.1c00369 , 633–638.
- Linda A. Zettler, vd. (2015). GESAMP REPORTS & STUDIES No. 93. LONDON: GESAMP.
- Lusher,M.McHughbR.C.Thompson(2013).Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel, Marine Pollution Bulletin, Vol 67, 94-99, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>
- Mastrangelo,Ugo Fedelia, Emanuela Faddaa, Giovanni Milana and John H Lange (2002). Epidemiologic evidence of cancer risk in textile industry workers: a review and update. Toxicol. Ind. Health 18, <https://doi.org/10.1191/0748233702th139rr.>, 171-181.
- Mevzuat. (2019, temmuz 17). ekim 8, 2021 tarihinde mevzuat web istesi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=32659&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> adresinden alındı
- Mikroplastikler Neden Zararlıdır? (2021). eylül çarşamba, 2021 tarihinde Mikroplastik Araştırma Grubu: <https://mikroplastik.org/mikroplastikler-neden-zararlidir/> adresinden alındı
- Morgana, Barbara Casentini, Stefano Amalfitano. (2021). Uncovering the release of micro/nanoplastics from disposable face masks at. Journal of Hazardous Materials, Volume 419, 126507, doi:10.1016/j.jhazmat.2021.126507.

- Nel, Tian Xia, Lutz Ma'dler, Ning Li (2006). Toxic Potential of Materials at the Nanolevel. SCIENCE, Vol 311, Issue 5761, DOI: 10.1126/science.1114397, 622-627.
- Nicolas Weithmann, Julia N. Mölle, Martin G. J. Löder, Sarah Piehl, Christian Laforsch, Ruth Freitag (2018). Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. Science Advances , 1-7
- Nor, M Kooi, NJ Diepens, AA Koelmans (2021). Lifetime accumulation of microplastic in children and adults. Environmental science & technology 55 (8), 5084-5096
- Öğüt, M. A. (2021). Mikroplastikler ve Çevresel Etkileri. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 861.
- Peters ve ark. (2008). Xeno-estrogenic compounds in precipitation. Journal of Environmental Monitoring , Vol. 10, 760-769.
- Possatto , Mário Barletta Monica, F. Costa, Juliana A. Ivar do Sul, David V. Danta. (2011). Plastic debris ingestion by marine catfish: an unexpected fisheries impact. Mar Pollut Bull Vol 62, , 1098-1102
- Prata. (2018). Airborne microplastics: Consequences to human health?\*. Environmental Pollution, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.043>, 115-126.
- Rummel, C. D., Löder, M. G., Fricke, N. F., Lang, T., Griebeler, E. M., Janke, M., & Gerds, G. (2016). Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. Marine pollution bulletin, 102(1), 134-141
- Selen Akçay, Fatih Törnük, Hasan Yetim (2021). Mikroplastikler: Gıdalarda Bulunuşu ve Sağlık Üzerine Etkileri , 530.
- Shams, M., Alam, I., & Mahbub, M. S. (2021). Plastic pollution during COVID-19: Plastic waste directives and its long-term impact on the environment. Environmental Advances
- Shim, Young Kyoung, Song Sang Hee, Hong Mi Jang (2016). Identification and quantification of microplastics using Nile Red staining. Marine Pollution Bulletin 113, 469-476.
- Silva, Joana C Prata , Tony R Walker , Diana Campos , Armando C Duarte , Amadeu M V M Soares , Damià Barcelò, Teresa Rocha-Santos (2020). Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. Science of The Total Environment , 2-27.

- Sosyal, A. (2020, şubat 02). Yeşil Gazete. eylül 22, 2021 tarihinde Yeşil Gazete Web sitesi: <https://yesilgazete.org/gunden-gune-buyuyen-tehlike-mikroplastikler/> adresinden alındı
- Soysal, A. (2021, şubat 15). Yeşil gazete. eylül 30, 2021 tarihinde Yeşil gazete web sitesi: <https://yesilgazete.org/gunden-gune - buyuyen - tehlike - mikroplastikler/> adresinden alındı
- Tang Xingzhen Ni, Zhi Zhou, Lingui Wang , Senjie Lin. (2018). Acute microplastic exposure raises stress response and suppresses detoxification and immune capacities in the scleractinian coral *Pocillopora damicornis*. *Environmental Pollution (Oxford, United Kingdom)*, 243 (Part\_A), 66-74, DOI: 10.1016/j.envpol.2018.08.045
- Thompson ve Darwish. (2019). Environmental Chemical Contaminants in Food: Review of a Global Problem. *Journal of Toxicology*, Volume 2019, ID 2345283, 1-14.
- Thompson, a. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, vol.304, no. 5672, 838.
- Thompson, R. C.; Moore, C. J.; Vom Saal, F. S.; Swan, S. H. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. R. Soc., B* 2009, 364, 2153– 2166,
- Tiseo, I. (2021). dünya çapında: statista.
- Toward a Unifeid Framework For Investigating Micro (nano) Plastics İn Packaged Beverages İntended For Human Consumption. (2021). *Enviromental Pollution*, 268.
- Valiç ve Zuskin. (2013). Respiratory-Function Changes in Textile Workers Exposed to Synthetic Fibers. *Archives Environ. Health Int. J.* 32 (6), 283-287.
- Vc Shruti, vd . (2021). Toward a Unifeid Framework For Investigating Micro (nano) Plastics İn Packaged Beverages İntended For Human Consumption. *Enviromental Pollution*, 268-269.
- Wang ve Wang. (2018). Investigation of microplastics in aquatic environments: An overview of the methods used, from field sampling to laboratory analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, Vol 108, <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.08.026>, 195-202.
- Weinstein, A. D. (2017). Size- and shape-dependent effects of microplastic particles on adult daggerblade grass shrimp (*Palaemonetes pugio*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1-30.

- XD, Yuan XZ, Jia Y, Feng LJ, Zhu FP, Dong SS, Liu J, Kong X, Tian H, Duan JL, Ding Z, Wang SG, Xing B (2020). Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Nat. Nanotechnol.* 2020, 15, DOI: 10.1038/s41565-020-0707-4, 55–762.
- Yongfeng Deng, Z. Y. (2020). Enhanced reproductive toxicities induced by phthalates contaminated microplastics in male mice (*Mus musculus*). *Journal of Hazardous Materials*, 1-39.
- Yurtsever, M. (2015). Mikroplastiklere Genel Bir Bakış. *DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ*, 68/83.
- Yurtsever, M. (2018). Abiyotik bir su ürünü olan sofrta tuzunda mikroplastik kirliliği tehlikesi. *Su Ürünleri Dergisi*, 243-249.
- Yurtsever, M. (2018, 02 10). Küresel Plastik Kirliliği, Nano-mikroplastik Tehlikesi ve Sürdürülebilirlik. *Çevre Bilim ve Teknoloji*, 171-90. eylül 27, 2021 tarihinde [https://mevci.sakarya.edu.tr/sites/mevci.sakarya.edu.tr/file/MYurtseverKuresel\\_Plastik\\_Kirlilgi\\_NMP\\_Tehlikesi\\_ve\\_Surdurulebilirlik.pdf](https://mevci.sakarya.edu.tr/sites/mevci.sakarya.edu.tr/file/MYurtseverKuresel_Plastik_Kirlilgi_NMP_Tehlikesi_ve_Surdurulebilirlik.pdf) adresinden alındı
- Yurtsever, M. (2019). NANO- VE MİKROPLASTİK' LERİN İNSAN SAĞLIĞI VE EKOSİSTEM. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 17-24.
- Yurtsever, M. (2019). Nano ve Mikroplastiklerin İnsan sağlığı Ekosistem. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 17-24.
- Yurtsever, M. (2020). Gıdalardaki Mikroplastik Kirliliğinin İncelenmesi. *Sakarya: TÜRKİYE BİLİMSEL ve TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA* .
- Yurtsever, M. (Eylül,2020). Gıdalardaki Mikroplastik Kirliliğinin İncelenmesi .
- Yursever, M. ( May,2021). Are nonwoven fabrics used in foods made of cellulose or plastic? *Elsevier Process Safety and Environmental Protection*, (151), <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.05.016>,188-194
- Zhang ve ark. (2021). Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. *Environmental Pollution*, Volume 274, 116554.
- Zimmermann, a. (2020). Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition. *Environment International*, 1-11.
- Zurier ve Goddard. (2021). Biodegradation of microplastics in food and agriculture. *Food Science*, vol.37, 37-44.



Zurier ve Goddard. (2021, 02). Current Opinion in Food Science, Biodegradation of microplastics in food and agriculture, Vol 37, 37-44. 09 cuma, 2021 tarihinde sciencedirect web sitesi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799320300680>., Eriřim Tarihi: 12.08.2021 .

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Merve Kuriş

### ÖĞRENİM DURUMU

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet Yılı</b>
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü /Çevre Mühendisliği	2022
Lisans	Sakarya Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği	2017
Lise	Serdivan Anadolu Lisesi	2012

### İŞ DENEYİMİ

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
2021-Halen	Adapazarı Belediyesi/Sıfır Atık Md.	Çevre Mühendisi
2018-2020	Asaş Alüminyum Fabrikası	Çevre Mühendisi
2017-2018	İza Çevre Danışmanlık	Çevre Mühendisi

### YABANCI DİL

İngilizce

### ESERLER (makale, bildiri, proje vb.)

1. 14. Ulusal 2. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi