T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

DOĞAL VE KÜLTÜRÜ YAPILAN ÇİPURA (*Sparus aurata*) BALIKLARININ BAĞIRSAK DOKULARINDA MİKROPLASTİK VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞENİL BAYİZİT

Tez Danışmanı

PROF. DR. SEVDAN YILMAZ

ÇANAKKALE – 2025

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

DOĞAL VE KÜLTÜRÜ YAPILAN ÇİPURA (*Sparus aurata*) BALIKLARININ BAĞIRSAK DOKULARINDA MİKROPLASTİK VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞENİL BAYİZİT

Tez Danışmanı
Prof. Dr. SEVDAN YILMAZ

Bu çalışma, “Deniz Balıkları Kafes Yetiştiriciliğinde Mikro-plastik Biyoakümülasyonun izlenmesi: Türkiye ve İran'daki Naylon Ağlarda Ağ Isırma Davranışı Olan ve Olmayan Türlerin Karşılaştırılması ve Farklı Kontaminasyon Kaynaklarının Değerlendirilmesi” isimli Uluslararası İkili İşbirliği Projesi (2535) kapsamında TÜBİTAK kurumu tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 121N183

ÇANAKKALE – 2025

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Ayşenil BAYİZİT tarafından Prof. Dr. Sevdan YILMAZ yönetiminde hazırlanan ve **06/08/2025** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Doğal ve Kültürü Yapılan Çipura (*Sparus aurata*) Balıklarının Bağırsak Dokularında Mikroplastik Varlığının Araştırılması**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Prof. Dr. Sevdan YILMAZ (Danışman)	……
Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN	……
Doç. Dr. Bilge ERDEM	……

Tez No : 10744008
Tez Savunma Tarihi : 06/08/2025

.....
Prof. Dr. Melis ULU DOĞRU
Enstitü Müdürü

../../20

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Ayşenil BAYİZİT
06/08/2025

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Sevdan YILMAZ'a ve maddi açıdan destekleyen TÜBİTAK'a, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen çalışma arkadaşım Aisen CHASAN, saygı değer hocalarım Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN, Prof. Dr. Murat YİĞİT, Arş. Gör. Dr. Dilek KAHRAMAN YILMAZ, çalışmalarım boyunca bilgileri ile bana destek olan saygı değer büyüklerim Dr. Rıdvan Kaan GÜRSES, Y. Müh. Aytuğ ZİLİFLİ ve sevgili abim Y. Müh. Çağatay BAYİZİT ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli annem Emine BAYİZİT ve babam Sabri BAYİZİT'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım."

Ayşenil BAYİZİT

Çanakkale, Ağustos 2025

ÖZET

DOĞAL VE KÜLTÜRÜ YAPILAN ÇİPURA (*Sparus aurata*) BALIKLARININ BAĞIRSAK DOKULARINDA MİKROPLASTİK VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI

Ayşenil BAYİZİT
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Sevdan YILMAZ
06/08/2025, 39

Bu tez çalışmasında, çipura balıklarında (*Sparus aurata*) mikroplastik varlığı, farklı yetiştirme koşulları (doğal ve çiftlik) ile mevsimsel değişkenlik (yaz ve kış) açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Toplam 172 örnekte, balıkların et dokusu ve bağırsaktan alınan numuneler analiz edilmiştir. Mikroplastik ayrıştırması için %10 potasyum hidroksit çözeltisi kullanılmış, ardından ATR FT-IR spektroskopisi ile polimer türleri belirlenmiştir. Et örneklerindeki şüpheli partiküller μ-FT-IR cihazı ile ölçülmeye daha uygun ve küçük olduğu için tespit sağlanamamıştır. Bağırsakta mikroplastik varlığı bakımından kış döneminde doğal grup balıklarında pozitif balık adedinin çiftlik grubuna kıyasla anlamlı derecede fazla olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir. Kış döneminde doğal örneklerin MP/Balık Adedi (1,23±0,17) yaz (0,61±0,10) ve kış (0,37±0,11) çiftlik gruplarından anlamlı düzeyde yüksek çıkmıştır ($p<0,05$). Çiftlik örneklerinde ortalama 0,52 mikroplatik/balık, doğal örneklerde ise ortalama 0,94 mikroplastik/balık olarak mikropilastik miktarı belirlenmiştir. Polistiren ve polietilen olarak iki çeşit plastik tespit edilmiştir. Bu çalışma, Türkiye sularındaki yetiştiricilik ve doğal ortamdan elde edilen çipura balıklarında mikroplastik kontaminasyonuna ilişkin önemli ve karşılaştırmalı veriler sunarak literatüre katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastik, Deniz kirliliği, Denizel çöpler, ATR FT-IR

ABSTRACT

INVESTIGATION OF MICROPLASTIC PRESENCE IN THE INTESTINAL TISSUES OF WILD AND FARMED GILTHEAD SEA BREAM (*Sparus aurata*)

Ayşenil BAYİZİT

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Aquaculture

Advisor: Prof. Dr. Sevdan YILMAZ

08/06/2025, 39

In this thesis, the occurrence of microplastics in sea bream (*Sparus aurata*) was comparatively investigated under different rearing conditions (natural and farmed) and seasonal variation (summer and winter). A total of 172 samples were analyzed for fish flesh tissue and intestines. A 10% potassium hydroxide solution was used for microplastic separation, followed by the determination of polymer types using ATR FT-IR spectroscopy. Suspicious particles in the meat samples were smaller and more suitable for measurement with the μ-FT-IR device, and therefore could not be detected. In terms of microplastics in the intestines, the number of positive fish in the wild group during the winter period was significantly higher ($p<0.05$) compared to the farm group. The MP/Fish Count in the wild samples during the winter period (1.23±0.17) was significantly higher than in the summer (0.61±0.10) and winter (0.37±0.11) farm groups ($p<0.05$). The average amount of microplastics was 0.52 microplastics/fish in farmed samples and 0.94 microplastics/fish in natural samples. Two types of plastics were identified: polystyrene and polyethylene. This study contributes to the literature by providing important and comparative data on microplastic contamination in gilthead sea bream from aquaculture and wild environments in Turkish waters.

Keywords: Microplastics, Marine pollution, Marine debris, ATR FT-IR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI……... i
ETİK BEYAN…… ii
TEŞEKKÜR…….. iii
ÖZET ……..…….. iv
ABSTRACT …….. v
İÇİNDEKİLER ……..…… vi
SİMGELER ve KISALTMALAR……..…… viii
TABLOLAR DİZİNİ…….…. ix
ŞEKİLLER DİZİNİ……..……...…….….. x

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

İKİNCİ BÖLÜM
KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM 5

3.1. Materyal…….....…….…..... 5
3.1.1. Çipura (*Sparus aurata*) Hakkında Genel Bilgi…...……..….. 5
3.1.2. Balık Örneklemesi…….. 5
3.2. Yöntem…….…….....…….…... 6
3.2.1. Örnek Alımı……...…….…..….. 6
3.2.2. KOH Solüsyon Hazırlanışı……. 8
3.2.3. Dokularda Organik Madde Uzaklaştırma ve Plastiği Ayrıştırma…… 9
3.2.4. Mikroplastiklerin Gözlemlenmesi ve Tespiti…….. 11
3.2.5. ATR FT-IR Analizi…….... 11
3.2.6. İstatistiksel Analizler…….. 12

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI 13

4.1. Mikroskop ile Şüpheli Partikül Gözlemi Bulguları……..……..... 13
4.2. ATR FT-IR Bulguları…….....……... 14
4.3. Tartışma……. 31

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER 34

5.1. Sonuçlar……...…….…..... 34
5.2. Öneriler……....…….…..... 34
KAYNAKÇA ...……. 36

SİMGELER VE KISALTMALAR

M.P.	Mikroplastik
D.Ç.	Doğal Çipura
Ç.Ç.	Çiftlik Çipura
D.Ç.E.	Doğal Çipura Et Örneği
D.Ç.B.	Doğal Çipura Bağırsak Örneği
Ç.Ç.E.	Çiftlik Çipura Et Örneği
Ç.Ç.B.	Çiftlik Çipura Bağırsak Örneği
KOH	Potasyum Hidroksit
Rpm	Revolutions per Minute (Dakikadaki devir sayısı)
%	Yüzdelik
Mm	Milimetre
ML	Mililitre
MMT	Milyon Metrik Ton

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Şüpheli partikül miktarlarının gruplara olan dağılımı	13
Tablo 2	ATR FT-IR Analizine göre şüpheli partiküllerin içerikleri ve yüzde sonuçları	25-29
Tablo 3	ATR FT-IR analizinden sonra bağırsakta saptanan mikroplastik adetleri ve pozitif balıklara göre yüzdeleri	29
Tablo 4	Farklı bölgelerde çipura ve diğer ticari balık türlerinde tespit edilen mikroplastik miktarları ve türlerinin karşılaştırılması	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Plastik üretim miktarları, kırmızı işaretli sayılar tahmini verilerdir (Nabi vd.,2024)	2
Şekil 2	Çipura Balığı (*Sparus aurata*) (FAO)	5
Şekil 3	Çiftlik çipura (*Sparus aurata*) balıkları (Orijinal)	6
Şekil 4	Çiftlik çipura (*Sparus aurata)* bağırsak örneklemesi (Orijinal)	7
Şekil 5	Doğal çipura (*Sparus aurata*) et dokusu örneklemesi (Orijinal)	7
Şekil 6	Doku örneklerinin muhafazası (Orijinal)	8
Şekil 7	Granül potasyum hidroksit (Orijinal)	8
Şekil 8	KOH solüsyonu içindeki et dokuları (Orijinal)	9
Şekil 9	KOH solüsyonu içindeki bağırsak dokuları (Orijinal)	9
Şekil 10	Vakumlu filtrasyon ile süzme aşaması (Orijinal)	10
Şekil 11	Cam petri içindeki polikarbon filtre (Whatman GF/C 1,2µm) (Orijinal)	10
Şekil 12	Mikroskop (Olympus CX21) (Orijinal)	11
Şekil 13	A: Sarı fragment (adenozin), B: Pembe Fragment (adenozin), C: Beyaz Fragment (kalsiyum karbonat), D: Mavi granül (adenozin) (Orijinal)	13
Şekil 14	Adenozin (%93) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	14
Şekil 15	Adenozin (%75) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	14
Şekil 16	Polistiren (%81) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	15
Şekil 17	Aragonit (%71) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	15
Şekil 18	Aragonit (%72) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	16
Şekil 19	Poli-n-asetil glikozamin (%74) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	16
Şekil 20	Adenozin (%72) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	17
Şekil 21	Adenozin (%72) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	17
Şekil 22	Adenozin (%82) spektrumu (Lacivert: Örnek, Siyah: Kılavuz)	18

Şekil 23	Adenozin (%78) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	18
Şekil 24	Poli-n-glikozamin (%89) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	19
Şekil 25	Kalsiyum Karbonat (%89) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	19
Şekil 26	Fenetil alkol (%69) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	20
Şekil 27	Kalsiyum karbonat (%82) spektrumu (Kırmızı: Örnek, Siyah: Kılavuz)	20
Şekil 28	Aragonit (%66) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	21
Şekil 29	Kalsiyum sitrat spektrumu	21
Şekil 30	Kalsiyum sitrat (%60) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	22
Şekil 31	Pelit aksamı (%83) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	22
Şekil 32	Magnezyum hidroksit (%67) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuzu)	23
Şekil 33	Polietilen (%67) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	23
Şekil 34	Desil Poliglikosit (76) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)	24
Şekil 35	Adenozin (%96) spektrumu (Lacivert: Örnek, Siyah: Kılavuz	24
Şekil 36	Adenozin (%98) spektrumu (Lacivert: Örnek, Siyah: Kılavuz)	25

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

Mikroplastik günümüzde deniz ekosistemi ve biyolojik çeşitlilik için yükselen bir tehdit olarak varsayılmaktadır (Wright vd., 2013). 1950 yılından 2020 yılına kadar olan üretim miktarları göz önüne alınarak en az üretim miktarına göre yapılan hesaplamada 2050 yılında plastik üretiminin 1028 mmt (Şekil 1) olacağı tahmin edilmektedir (Nabi vd., 2024). Plastiğin oluşturacağı mikroplastikler ve yaratabilecekleri kirliliğin olası zararları önemli bir konu haline gelmiştir. Plastik, karbon bazlı farklı özelliklere sahip olması amaçlanarak üretilen sentetik polimer dizilerdir. Kullanım alanı (gıda ambalajı, kozmetik, sağlık vb.) ve gereksinimlerine (elastikiyet, antioksidan, alev geciktirici, UV stabilizatör vb.) göre farklı katkı maddeleri (stiren, formaldehit, akrilamid, vinil klorür vb.) katılarak üretilirler. Plastikler bu özelliklerine göre türlere ayrılır ve bu türler arasından 5 tanesi dünyaca yoğun üretime sahiptir: polietilen, polipropilen, poliviniklorür, polistiren ve polietilen tereftalat (GESAMP, 2015). Literatüre göre kabul edilen tam bir boyut olmamasıyla beraber etkilediği canlı tespiti için öngörülen ölçü, parçacığın 5 mm altında olmasıdır. Üretildiği boyutta bulunup bulunmamasına göre de birincil ve ikincil mikroplastik olarak gruplandırılırlar. Birincil mikroplastikler üretim boyutunda kalmış olan, ikincil mikroplastikler ise daha büyük plastiklerin parçalanması sonucu elde edilmiş olanlardır (Kershaw ve Rochman, 2015). Bununla beraber deniz ekosistemi açısından, doğal süreçlerle hızla yok olan (bozunma, çözünme) veya sucul ortama ulaşamamış plastik materyaller endişe konusu kabul edilmemektedir (Verschoor, 2015). Plastik maddenin canlılara zarar verebilmesi o plastiğin kimyasal bileşeni, plastiğin türü ve plastiğin kimyasal kirleticilere karşı afinitesine bağlı olarak değişiklik gösterir (Zhu vd.,2019). Bunun için plastik tespitinin tanımında 5 ana unsur olan (kimyasal bileşim, fiziksel durum, parçacık boyutu, suda çözünürlük, bozuna bilirlik) tanımlama içeriğinde bulundurularak gözlemlenmesi önerilmektedir (Verschoor, 2015). Plastik ürünler, patojenler ve organik kirleticiler dahil olmak üzere mikroorganizmaların yapışması için uygun bir substrat görevi görür (Caruso,2019).

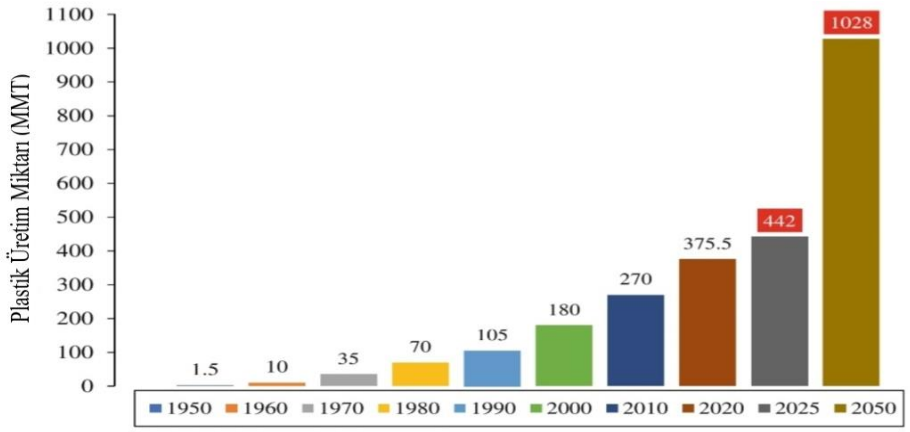
2022 yılı Türkiye su ürünleri üretimi 849.808 ton olup bunun 514.805 tonu yetiştiricilikle elde edilmiştir (TÜİK, 2023). Yetiştiriciliğin ise %72'si deniz

yetiştiriciliğidir ve deniz yetiştiriciliğin 1. sırasında 156.602 ton ile levrek, 2. sırada ise 144.347 ton yetiştiricilik üretimiyle çipura balığı yer almaktadır (TÜİK, 2023).

Yetiştiricilik çiftliklerinde mevcut olarak kullanılan ağ kafeslerdeki modern ağların ipleri esnek ve rijit materyallerden oluşur ve esnek materyal fiber yapılı poliamid, poliester, polietilen ve polipropilenden oluşur (Yılmaz vd., 2015). Rijit materyal ise plastik veya metal yapılı olabilir (Dikel, 2005). Rijit materyalin metal olması durumunda kafesteki ve çevredeki balıklar düşük seviyelerde de olsa metale maruz kalabilmektedirler (Yiğit vd., 2018). Çiftlik balıkları yetiştirilme esnasında doğal balıklara göre kafes ağlarından gelebilecek plastiğe de maruz kalabilirler.

Mikroplastiğin deniz canlılarının sindirim sistemine girebilmesi sadece beslenme yolu ile gerçekleşir (Li vd., 2018). Çipura balıklarında bulunan her iki çenede önlerde köpek dişi benzeri 4 ile 6 tane diş, arkada 2 ile 4 sıra halinde (dış 2 sırası daha güçlü) küt dişler (Cataldi vd., 1987), çipura (*Sparus aurata*) balıklarının ağ kafes sistemleri içinde ısırma alışkanlıklarına bağlı olarak ağ iplerindeki biyolojik kirlenmelerle balıkların ağ iplerini ısırarak tahrip ve parçalamasına neden olur (Jakson vd., 2015). Bundan kaynaklı olarak çipura (*Sparus aurata*) balığının sindirim sistemine plastik parça girişleri olması mümkündür.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında bu tez çalışmasının amacı, çipura (*Sparus aurata*) balığının et ve bağırsak dokularında mikroplastik birikimini belirlemek; bu birikimi doğal ve kültür ortamındaki bireyler ile yaz ve kış mevsimlerinde karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.



Şekil 1 Plastik üretim miktarları, kırmızı işaretli sayılar tahmini verilerdir (Nabi vd., 2024)

İKİNCİ BÖLÜM
KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Karadeniz'deki avlanan 7 tür ticari balığın mide ve bağırsak örnekleriyle yapılan bir çalışmada FT-IR spektroskopi yöntemi ile 11 farklı renkte, 5 farklı şekilde (fiber, film, fragment, köpük, mikrobead) ve 29,8% polipropilen, 17,5% poliester en çok olmak üzere birkaç çeşitte plastik tespit edilmiştir (Aytan vd., 2021). Bir çalışmada sazan balıklarına 4 farklı ticari yem ile besleme yapılarak yemlerin yapıldığı balık unlarındaki mikroplastik miktarı, şekli ve çeşidi balıkların sindirim sistemi ve solungaçlarında tespit edilen mikroplastikler ile karşılaştırmaya sokulmuş olup genel olarak fragment şeklinde, polipropilen (45%) ve polistiren (24%) çeşitleri tespit edilmiştir (Hanachi vd., 2019). Şili'de ticari öneme sahip 6 tür (kıyı türleri ve okyanus türleri) balığın mide içeriğindeki mikroplastik taramasında en çok kırmızı fibere ve çeşit olarak polietilen, poliester ve polietilen tereftalat tespit edilmiş olup bunların kıyı türlerinde (71%) okyanus türlerine (29%) kıyasla daha çok miktarda bulunduğu belirlenmiştir (Pozo vd., 2019). İskoçya çevresi Kuzeydoğu Atlantik'te yapılan bir araştırmada pelajik ve dip balıklarından 12 tür mikro (<5mm) ve makro plastikleri (>5mm) tespiti için bağırsakları incelenmiş ve 12 türden 5 türde, 212 balıktan 63'ünde (61 tanesi kıyı balık türünden) renk olarak siyah, şekil olarak lif ve çeşit olarak poliamit polimerleri tespiti yapılmıştır. Bunların yanı sıra 0,9%'luk oranla bulunan boru şekli mevcuttur. Bu çalışmaya göre kıyı balıkları açık denizdeki türlerden ve dip balıkları pelajik balıklardan daha çok makro ve mikroplastik yutabilmektedir (Murphy vd., 2017). Kuzeydoğu Akdeniz'de 4 farklı biyoindikatör balık türünde yapılan araştırmaya göre; mikroplastik miktarı en çok bentopelajik olan Mugil cephalusta'da ve genel olarak 4 türde de en çok fiber şekli ve siyah renk gözlemlenmiş, FTIR spektroskopi yöntemi ile de 34% oranında polietilen çeşidi tespit edilmiştir (Kılıç ve Yücel, 2022). Kuzey Akdeniz'de daha kapsamlı çalıştırma gerçekleştirilerek 17 ticari türdeki 2222 bireyde çevresel ve biyolojik faktörlerin mikroplastik alımına etkisinde; yağmur döneminden sonra alınan örneklerin yağmur dönemi öncesi alınan örneklerden daha az mikroplastik içerdiği, trofik düzeylerde incelemede CC grubu %35,5 ve OV grubunda %3,8 olup ara gruplardaki mikroplastik miktarı istatistiki bir denge mevcut değildir, habitat seçimlerinde uzaklıkla ilgili olarak kıyıdan uzaklaştıkça mikroplastik alımı artmıştır, bentopelajik türlerin en düşük seviyeye sahipken dip ve pelajik türlerinde

fazla olduğu, derinlikle ilgili gözlemde de derinliğin bir ilişkisi olduğu fakat derinliğin artmasıyla artış ve düşüşle ilgili bir söylemde bulunulamayacağı saptanmıştır (İdris vd., 2022).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çipura (*Sparus aurata*) Hakkında Genel Bilgi

Alem: Animalia

Şube: Chordata

Sınıf: Acaanthopterygii

Takım: Spariformer

Family: Sparidae

Cins: Sparus

Tür: *Sparus aurata*



Şekil 2 Çipura Balığı (*Sparus aurata*) (FAO)

Çipura (*Sparus aurata*) balıkları 62°K- 15°K paralelleri, 17°B- 43°D meridyenleri arasında dağılım gösteren subtropikal sparidae türüdür (Sola vd., 2007). Doğal yaşam alanlarında Akdeniz, Doğu Atlantik, Britanya adaları, Cebelitarık boğazından Yeşil Burun adalarına, Kanarya adaları etrafı ve nadirende olsa Karadenizde bulunur (Fishbase, 2006). İspanya, Sicilya, Mısır ve Kıbrıs'da sportif amaçlı ve yarı profesyonel ekipmanlarla yalanan çipura balığı, Türkiye, Yunanistan, Mağrip ve Adriatik denizinde ticari olarak üretimi olan ve sıklıkla tüketilen bir türdür (Sola vd., 2007).

3.1.2. Balık Örneklemesi

Bu çalışmada çiftlik çipurası örneği ve doğal çipura örneği olarak toplam 172 çipura (*Sparus aurata*) kullanılmıştır. Örnekler Aydın ve Muğla illerinden 2022 Yazı ve

2023 Kışında temin edilmiştir. Bunlar; 51 adet ortalama 167,03±14,2 g yaz çiftlik, 51 adet ortalama 142,5±19 g yaz doğal, 30 adet ortalama 413±42,9 g kış çiftlik ve 40 adet ortalama 380,5±23,7 g kış doğal olmak üzere ölçülen ağırlıklarının ortalamaları hesaplanmıştır. Tüm gruplar için çipura balığının (*Sparus aurata*) ağ kafes yetiştiriciliğinin en fazla yapıldığı Aydın (170.206 ton ile 1. sırada) ve Muğla (27.371 ton ile 5. sırada) (TÜİK, 2023) illerinden balıklar tedarik edilmiştir. Balıklar örnekleme yapılana kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3 Çiftlik çipura *(Sparus aurata)* balıkları (Orijinal).

3.2. Yöntem

3.2.1. Örnek Alımı

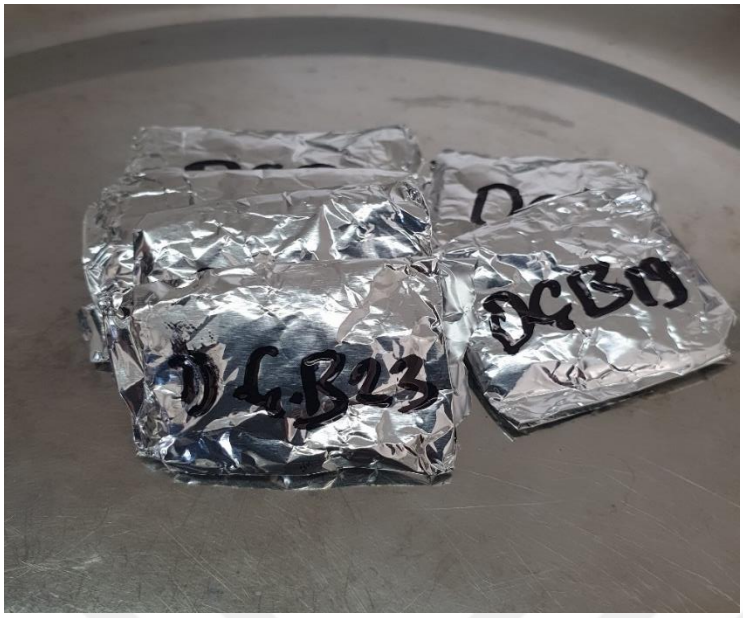
Balıkların her birinin boyları ve ağırlıkları ölçülüp, 5 g fileto et numunesi ve 5 g bağırsak numunesi alınmıştır. Bunlar alüminyum folyo içinde analizlere kadar -20ºC'da muhafaza edilmiştir.



Şekil 4. Çiftlik çipura (*Sparus aurata*) bağırsak örneklemesi (Orijinal).



Şekil 5 Doğal çipura (*Sparus aurata*) et dokusu örneklemesi (Orijinal).



Şekil 6 Doku örneklerinin muhafazası (Orijinal).

3.2.2. KOH Solüsyon Hazırlanışı

%10'luk KOH solüsyonu hazırlamak için her 100 mL için 10 g granül KOH tartıldı. Mezür içine alınıp üzeri 90 mL saf su eklenip metal çubuk yardımıyla karıştırılıp, saf su ile 100 mL'ye tamamlandı. Bu ölçekler çerçevesinde her seferinde 1 litre solüsyon olarak hazırlanmıştır. Her hazırlığın başında ve sonunda metal çubuk önce alkol sonra saf su ile yıkanmıştır.



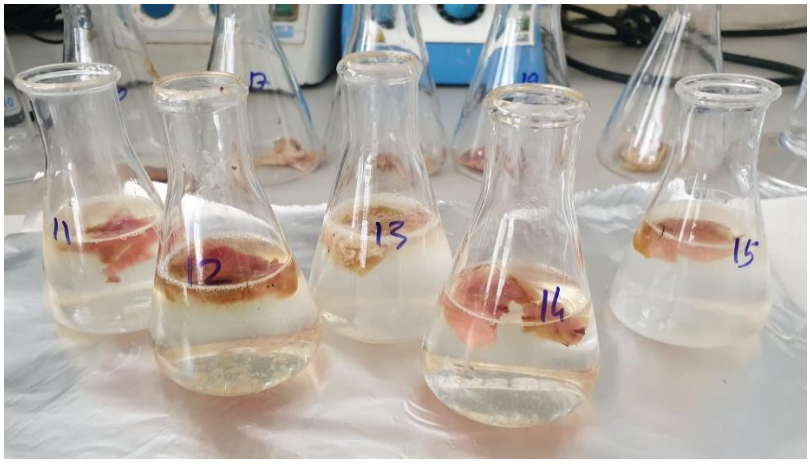
Şekil 7 Granül potasyum hidroksit (Orijinal).

3.2.3. Dokularda Organik Madde Uzaklaştırma ve Plastiği Ayrıştırma

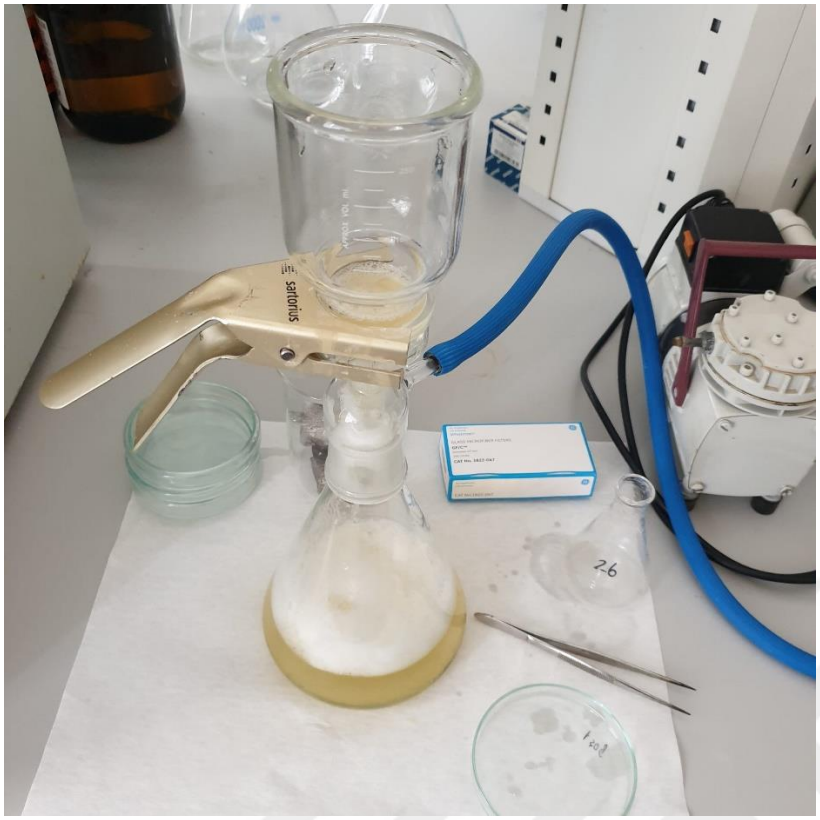
5 er gram et ve bağırsak numuneleri ayrı ayrı olarak (Şekil 8) 1:10 w/w oranında %10'luk KOH çözeltisi ile erlenmayer içine alınıp, ağızları alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Erlenmayerler çalkalayıcılı su banyosunda; et numuneleri için 24 saat, 60°C'de; bağırsak numuneleri için 72 saat, 40°C'de 110rpm'de bekletilmiştir. Bekletme sonunda çıkan numuneler vakumlu filtrasyon ile polikarbon filtre (Whatman GF/C 1.2 µm) üzerine süzülmüştür. Çıkan filtreler cam petri içinde 3 saat 40°C etüvde kurutulup gözlemlemeye kadar kapakları kapalı cam petri içinde muhafaza edilmiştir.



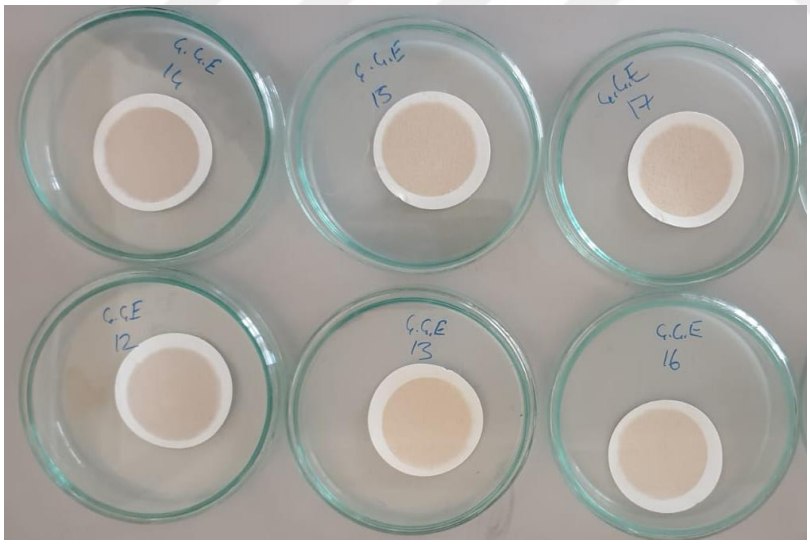
Şekil 8. KOH solüsyonu içindeki et dokuları (Orijinal).



Şekil 9 KOH solüsyonu içindeki bağırsak dokuları (Orijinal).



Şekil 10 Vakumlu filtrasyon ile süzme aşaması (Orijinal).

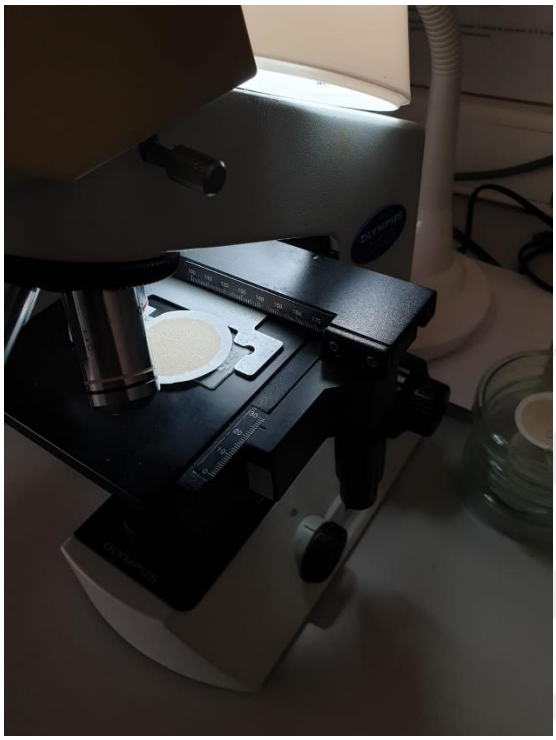


Şekil 11 Cam petri içindeki polikarbon filtre (Whatman GF/C 1,2µm) (Orijinal).

3.2.4. Mikro Plastiklerin Gözlemlenmesi ve Tespiti

Kurutulan polikarbon filtre üzerinde kalan şüpheli mikroplastik partiküller stereo mikroskobunda (Olympus CX21) 4X mercek ile gözlemlenmiştir. Fotoğraflamaları 10X

mercek ile gerçekleştirilmiştir. Şüpheli mikroplastik içeren polikarbon filtreler FT-IR analizine kadar petrilerin içinde muhafaza edilmiştir.



Şekil 12 Mikroskop (Olympus CX21) (Orijinal).

3.2.5. ATR FT-IR Analizi

Muhafaza edilen şüpheli partikül bulunan polikarbon membranlar ATR FT-IR analizi için Eskişehir Teknik Üniversitesi, Kimya Laboratuvarına gönderilmiştir. Mikroskop altında partiküller pens yardımıyla alınarak ATR FT-IR (Perkin-Elmer Spetrum Two ATR; 4000-450cm^{-1}, 64 tarama, 4cm^{-1}) cihazında taratılmıştır.

ATR ünitesinde zemin ile kristal arasına sıkıştırılan madde, kristalden geçen IR ışınlarının maddenin yüzeyine çarparak soğurulmayan ışınların geri kristale yansımasıyla Fourier çevirimi kullanarak maddelerin spektrumlarını kütüphane verileriyle eşleştirilmiştir ve maddenin tanımlanmasını sağlamıştır. Elde edilen verilerden örneğimiz en fazla benzerlik yüzdesine sahip madde olarak kabul edildi. En az %60 benzerlik içeren partiküller kaydedilmiştir. Her bir partikülden sonra ünite temizlenerek tarama sağlanmıştır.

3.2.6. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 17.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Mikroplastik (MP) miktarına ilişkin sürekli verilerin dağılımı Shapiro–Wilk testi ile incelenmiş, normal dağılım göstermeyen veriler için parametrik olmayan testler uygulanmıştır. Gruplar arasındaki karşılaştırmalarda Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) sonrası varyans homojenliği sağlanmadığından Tamhane post-hoc testi kullanılmıştır. İki grup arasındaki ikili karşılaştırmalarda Mann–Whitney U testi uygulanmıştır. Pozitif balık oranlarının (var/yok verileri) karşılaştırılmasında Ki-kare testi kullanılmıştır. Tüm testlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

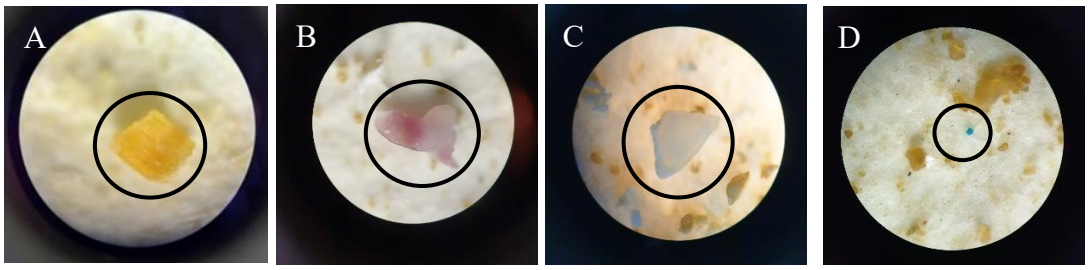
4.1. Mikroskop ile Şüpheli Partikül Gözlemi Bulguları

Stereo mikroskopunun ışığının yetersizliği ve renklerin gözlemlenmesinde yetersiz kaldığından dolayı yukarıdan ek ışık kaynağı ile gözlemlenme gerçekleştirilmiştir. Mikroskop gözlemlerinde plastik benzeri partiküller her bir balık için kayıt altına alınmıştır. Bağırsak kanalındaki şüpheli mikroplastik miktarları, mevsim ve yetiştirme ortamına göre Tablo 1 de sunulmuştur. Gözlemlemeler 4X ile yapılabilirken fotoğraflamalar Şekil 13'deki gibi 10X mercek ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1.
Şüpheli partikül miktarlarının gruplara olan dağılımı

DÖNEM	YAZ		KIŞ	
GRUP	ÇİFTLİK	DOĞAL	ÇİFTLİK	DOĞAL
Bağırsak	323	628	54	62
Et	5	69	8	19

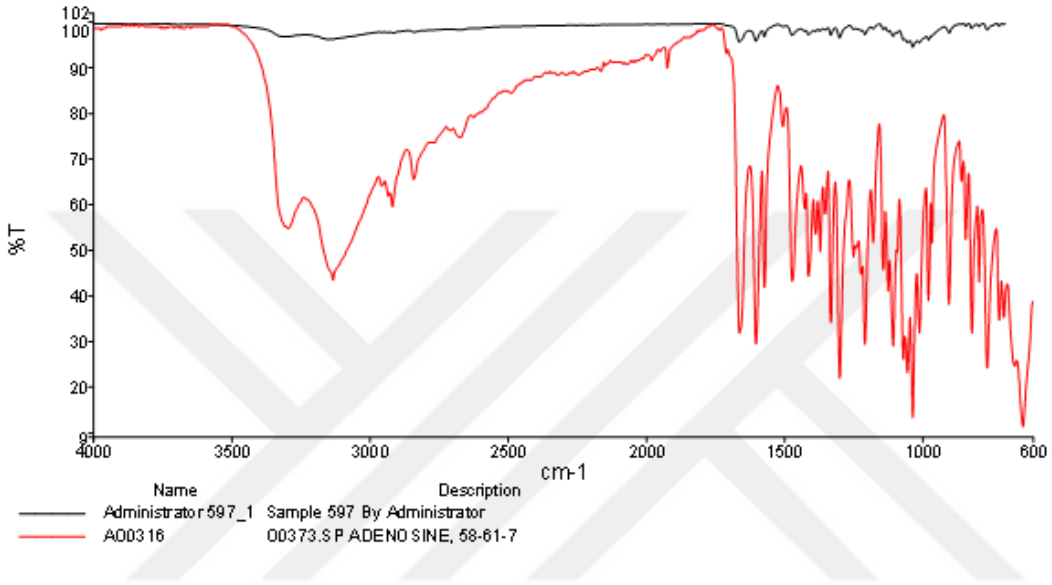
Şüpheli partiküllerden bazılarının görüntülenmeleri ve şekil, renk değerlendirmeleri aşağıdaki gibidir (Şekil 13).



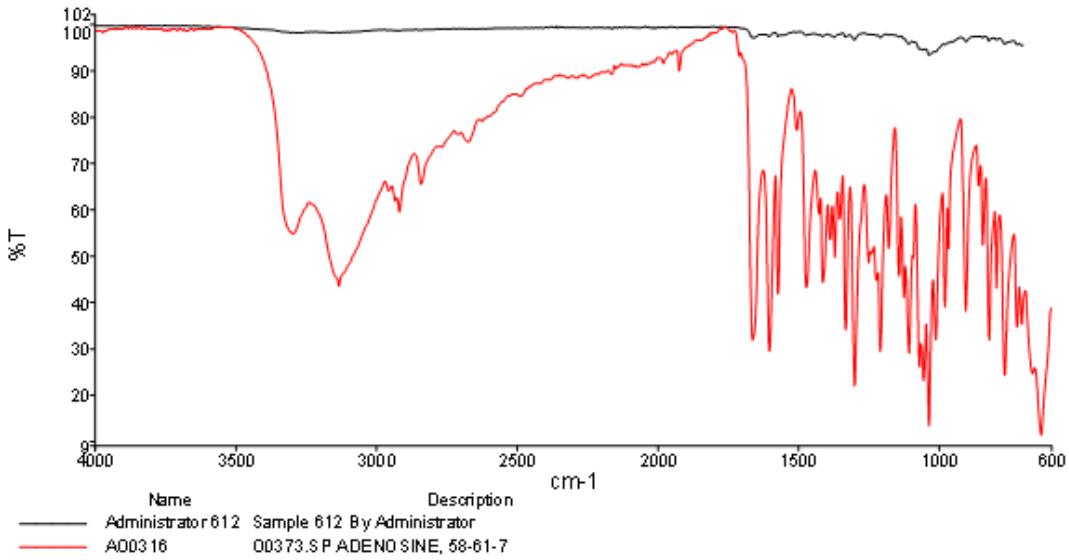
Şekil 13 A: Sarı fragment (adenozin), B: Pembe Fragment (adenozin), C: Beyaz Fragment (kalsiyum karbonat), D: Mavi granül (adenozin) (Orijinal).

4.2. ATR FT-IR Bulguları

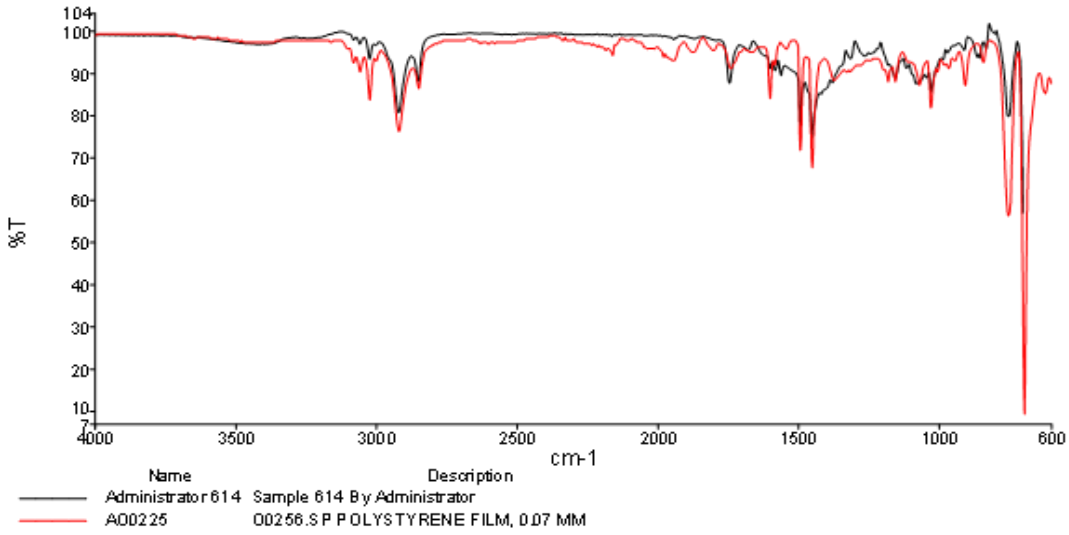
Şüpheli partiküllerin ATR FT-IR taranması sonucunda (Şekil 14-Şekil 36) %12'si plastik olduğu saptanmıştır Tablo 2. %60 üzeri benzerlik bulunan plastik maddelerin polistiren ve polietilen olarak iki çeşit saptanmıştır. Et örneklerindeki şüpheli partiküller µ-FT-IR cihazı ile ölçülmeye daha uygun ve küçük olduğu için tespit sağlanamamıştır.



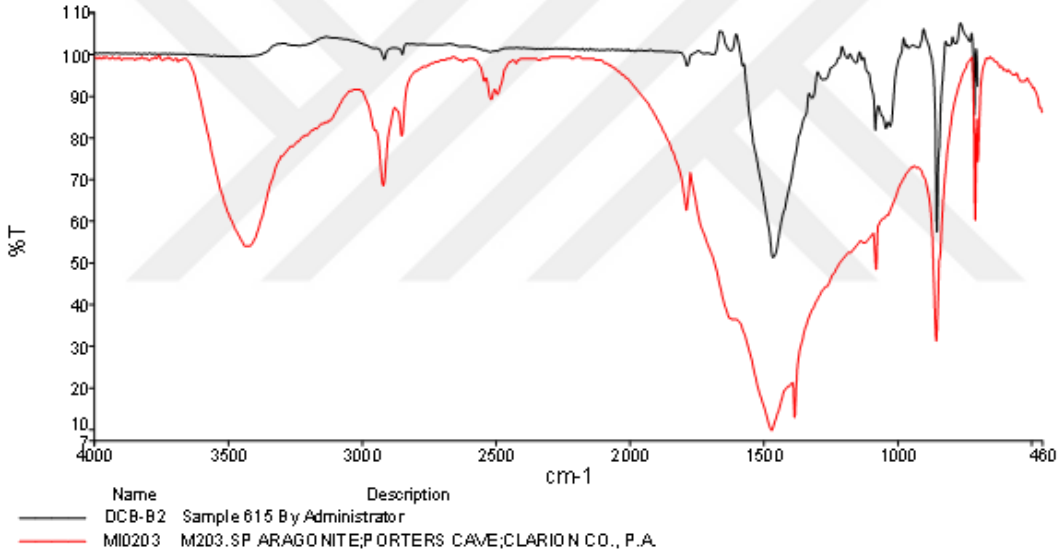
Şekil 14 Adenozin (%93) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



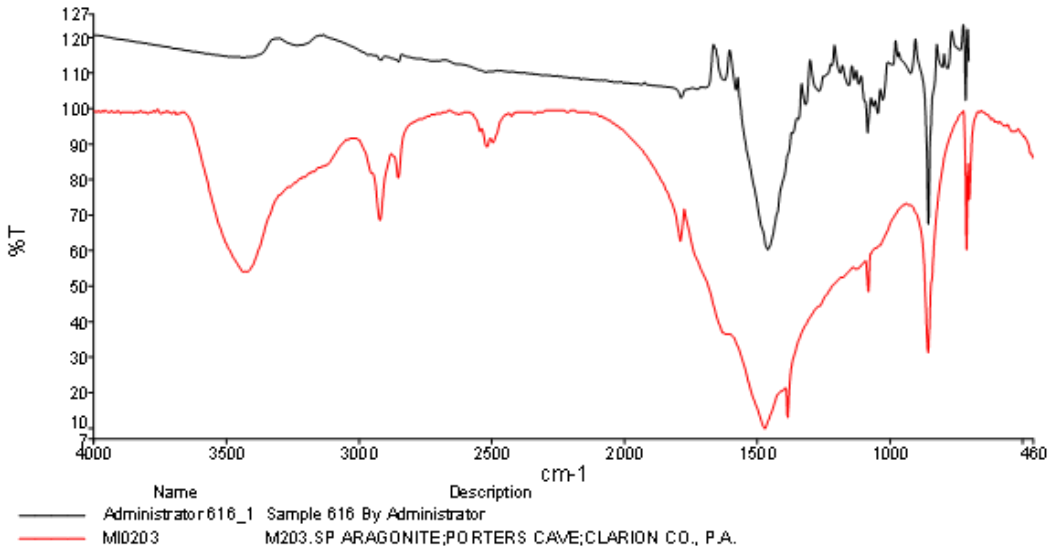
Şekil 15 Adenozin (%75) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



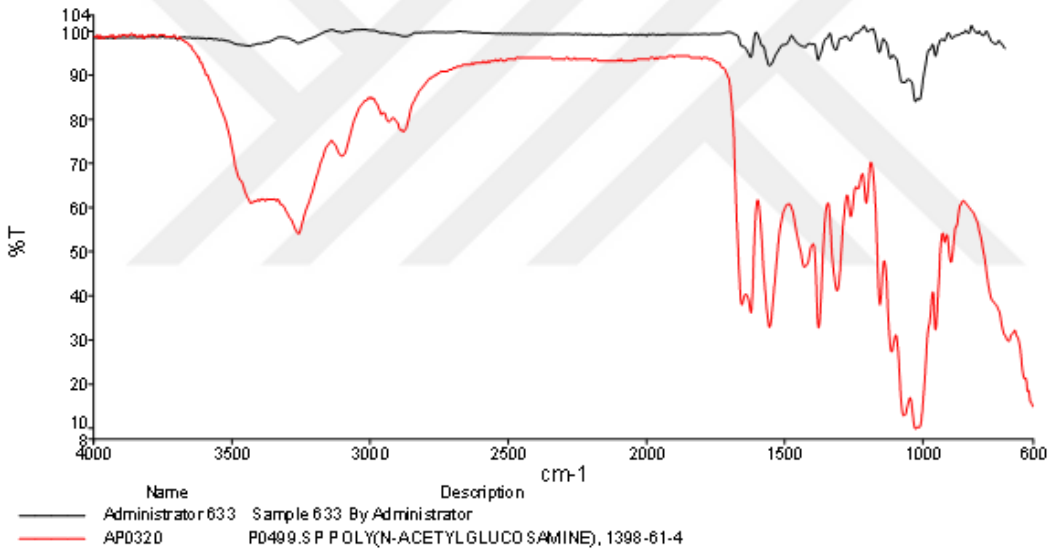
Şekil 16 Polistiren (%81) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



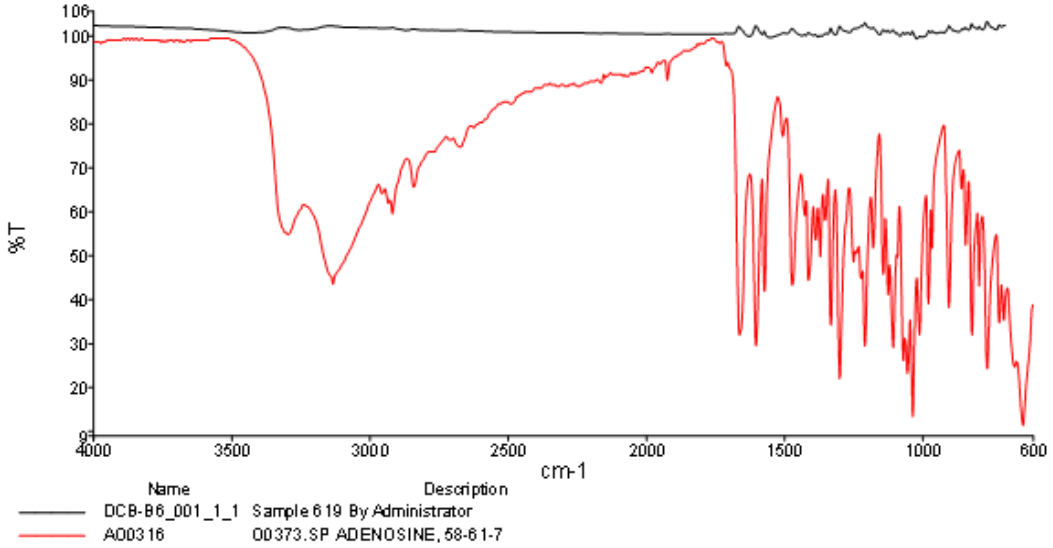
Şekil 17 Aragonit (%71) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



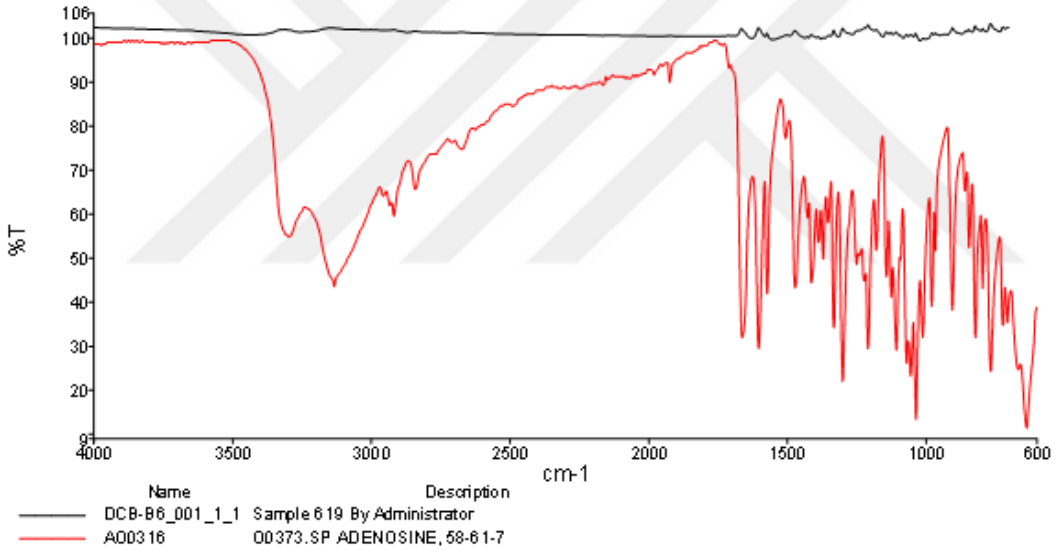
Şekil 18 Aragonit (%72) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



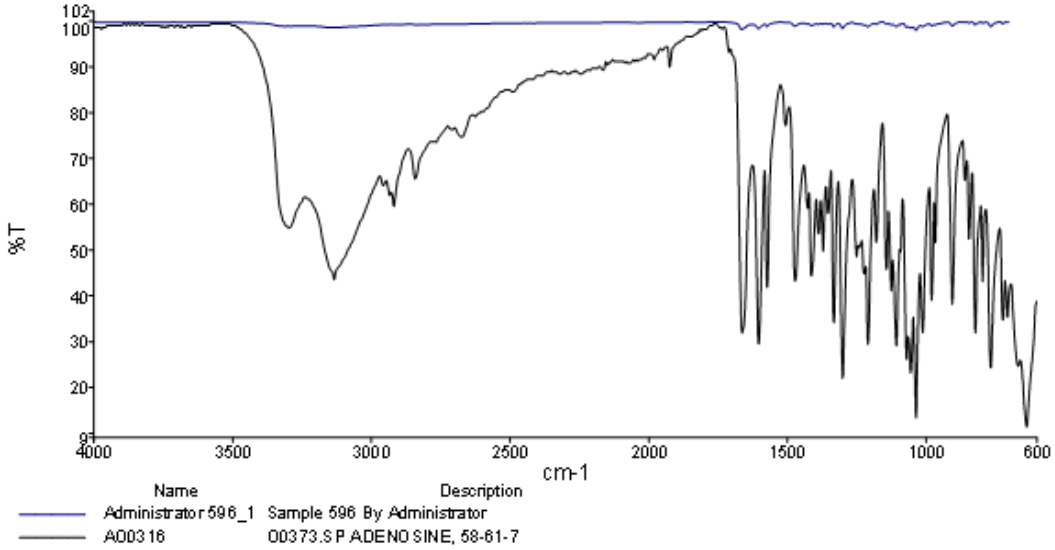
Şekil 19 Poli-n-asetil glikozamin (%74) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



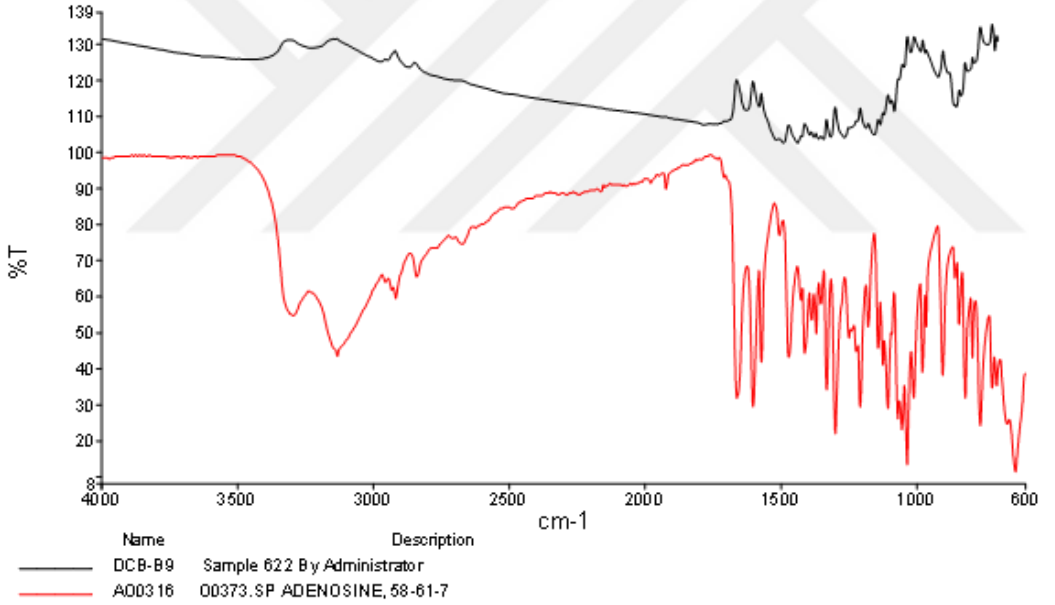
Şekil 20 Adenozin (%72) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



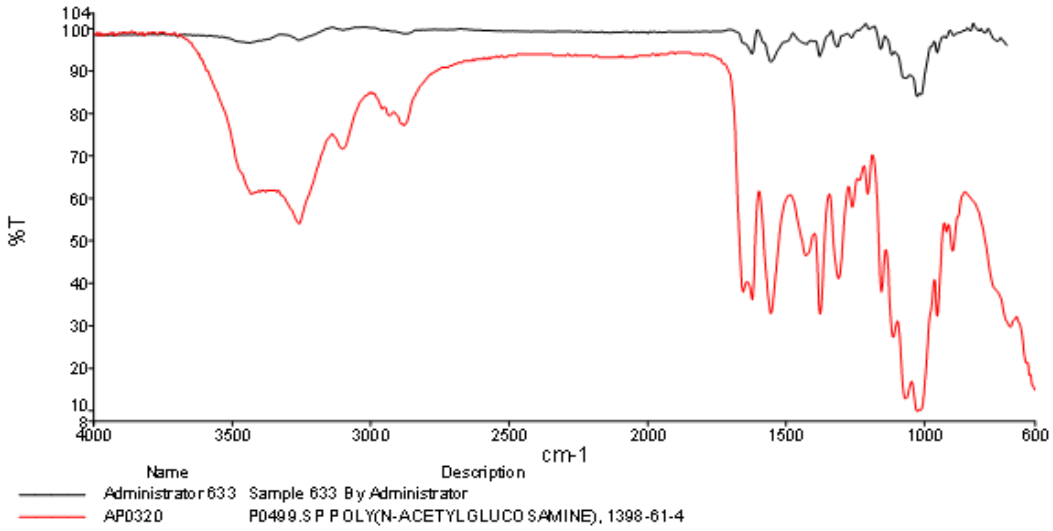
Şekil 21 Adenozin (%72) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



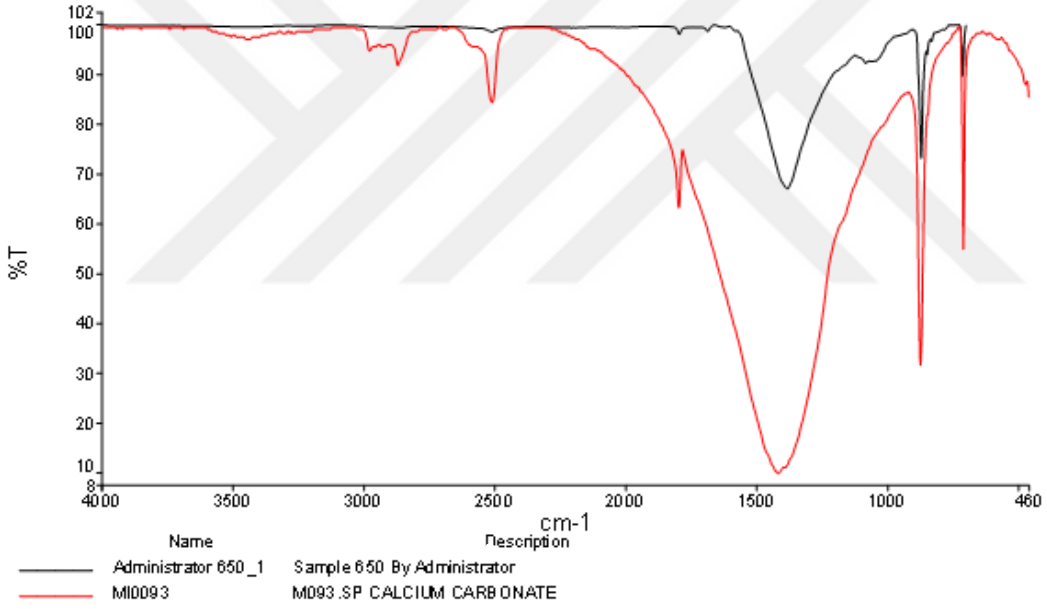
Şekil 22 Adenozin (%82) spektrumu (Lacivert: Örnek, Siyah: Kılavuz)



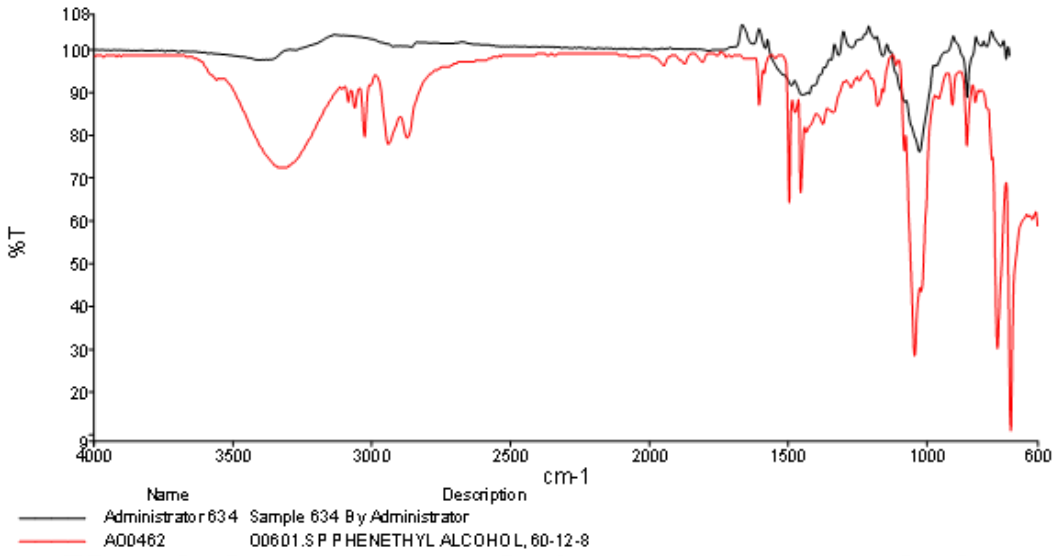
Şekil 23 Adenozin (%78) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



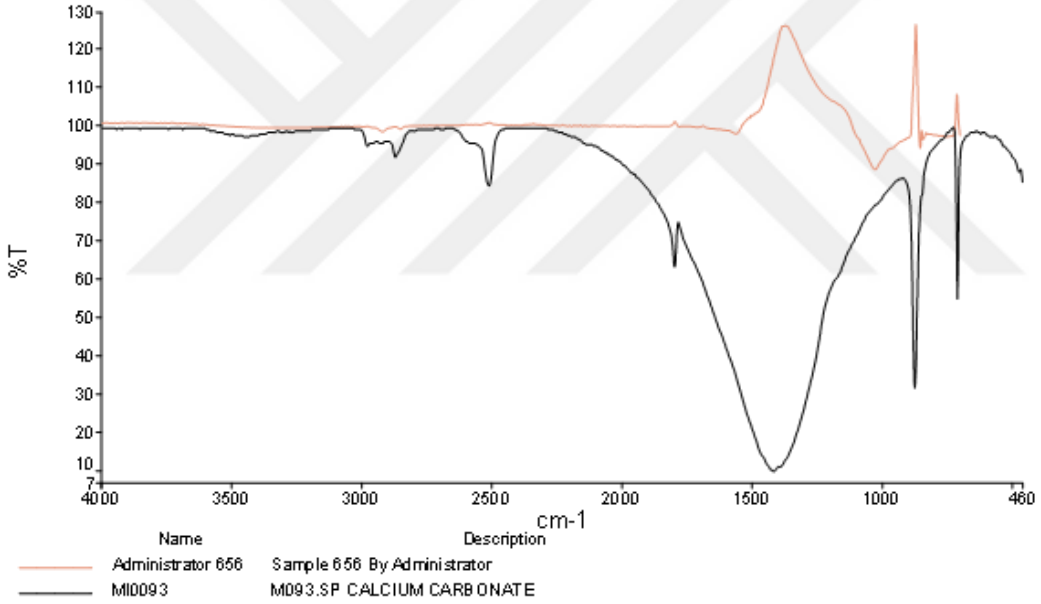
Şekil 24 Poli-n-glikozamin (%89) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



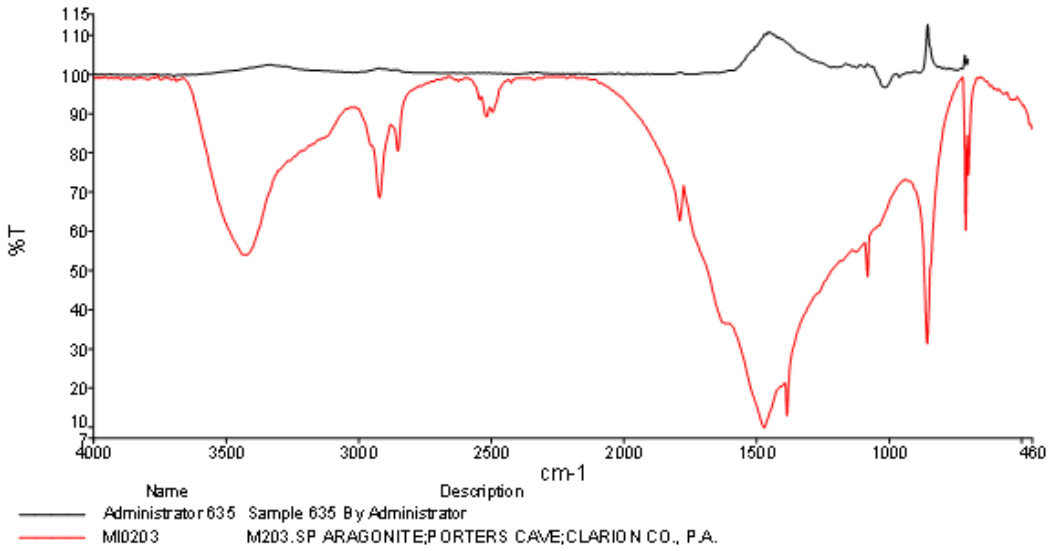
Şekil 25 Kalsiyum Karbonat (%89) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



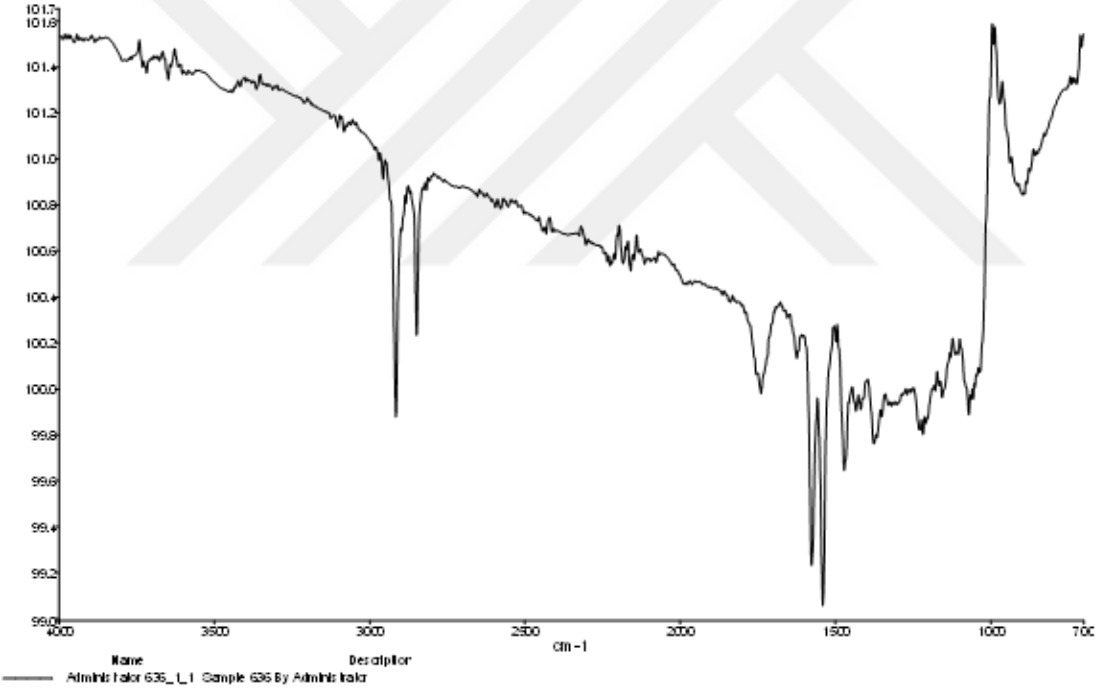
Şekil 26 Fenetil alkol (%69) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



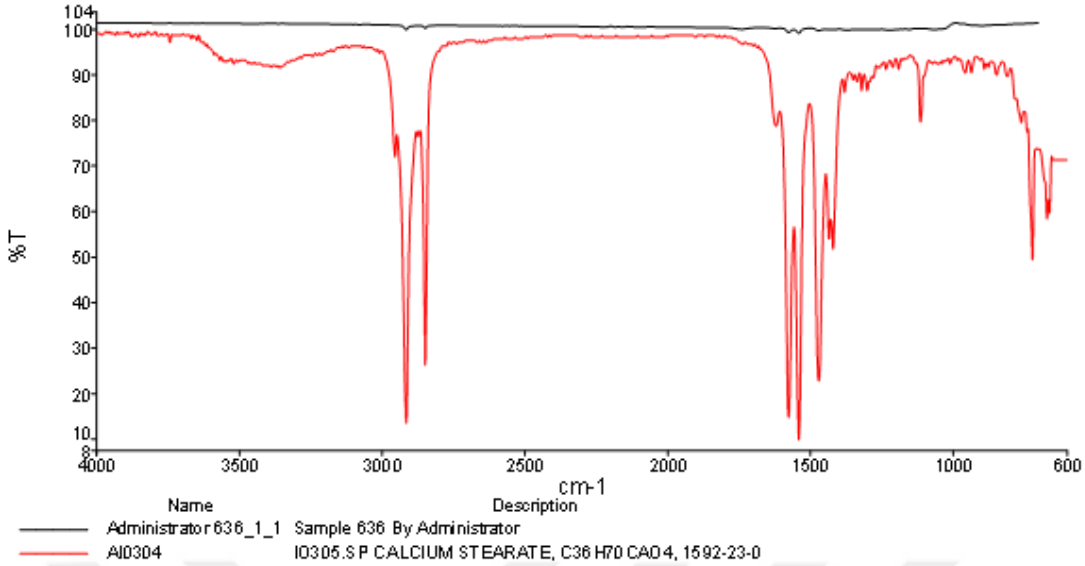
Şekil 27 Kalsiyum karbonat (%82) spektrumu (Kırmızı: Örnek, Siyah: Kılavuz)



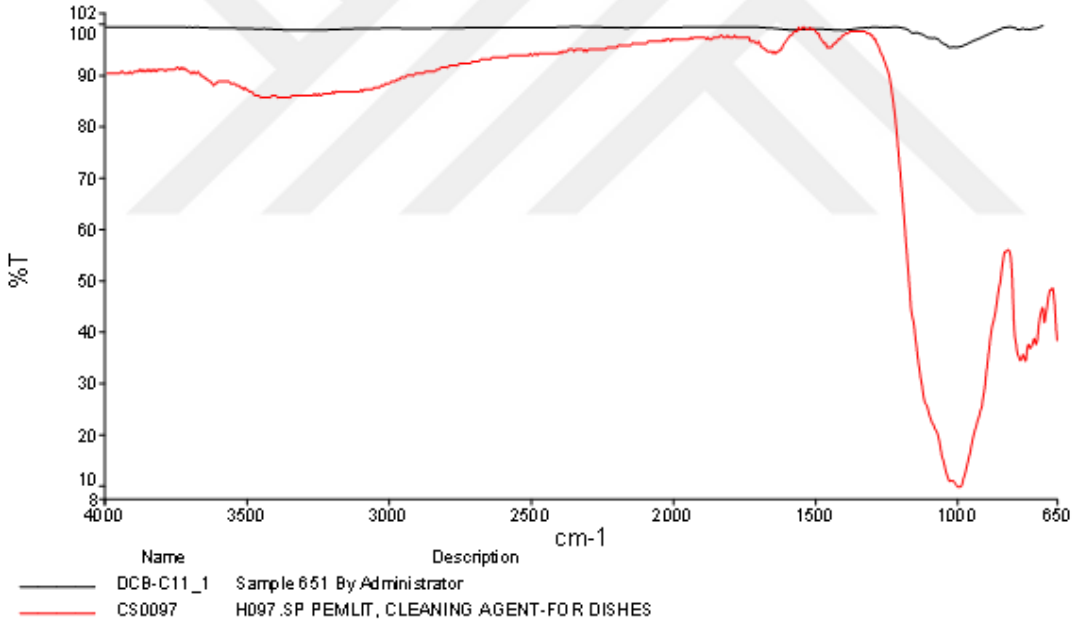
Şekil 28 Aragonit (%66) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



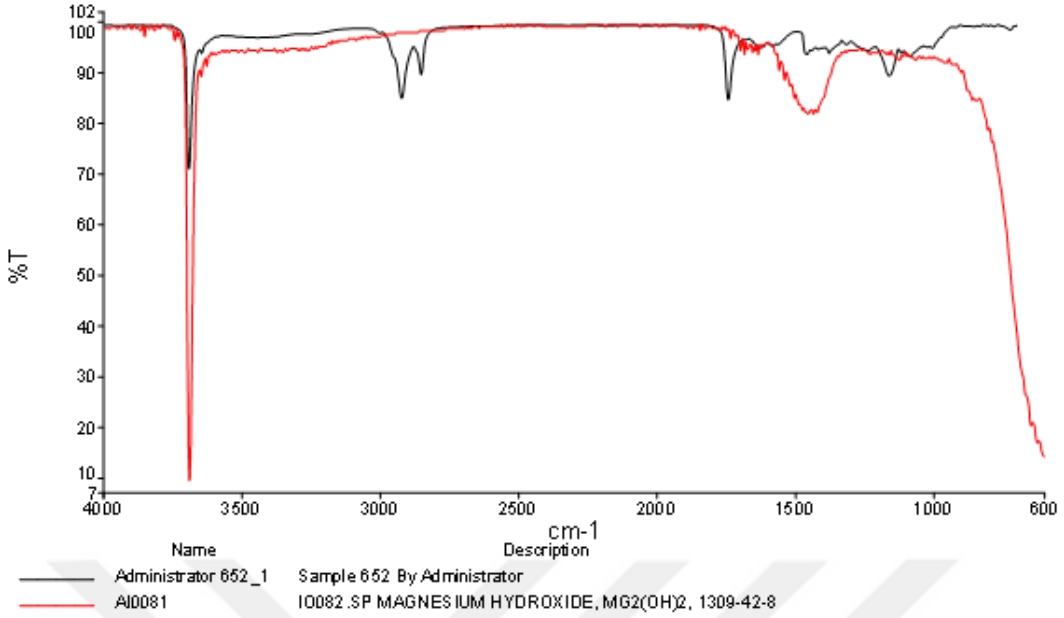
Şekil 29 Kalsiyum sitrat spektrumu



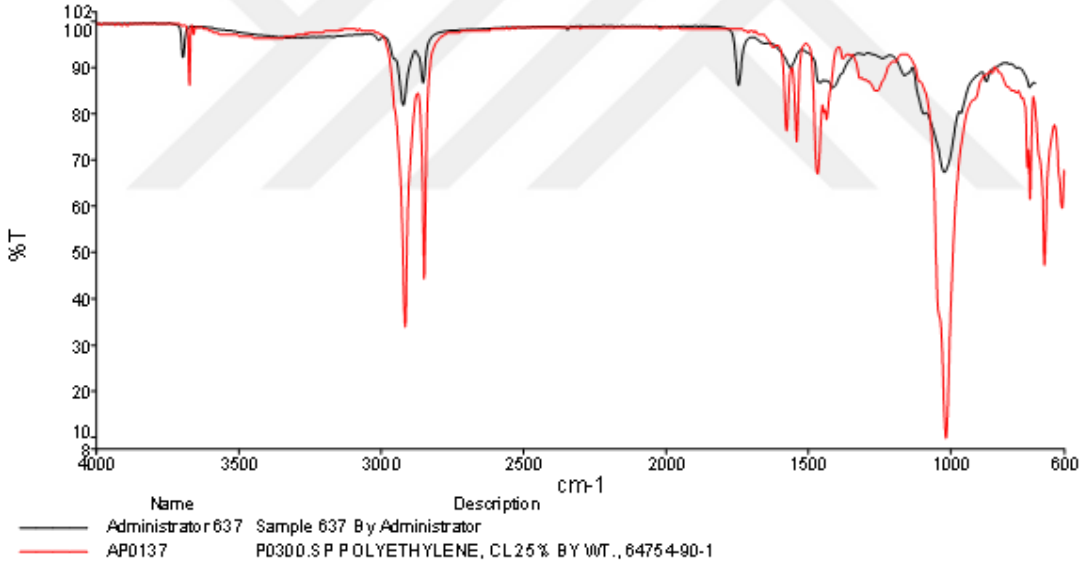
Şekil 30 Kalsiyum sitrat (%60) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



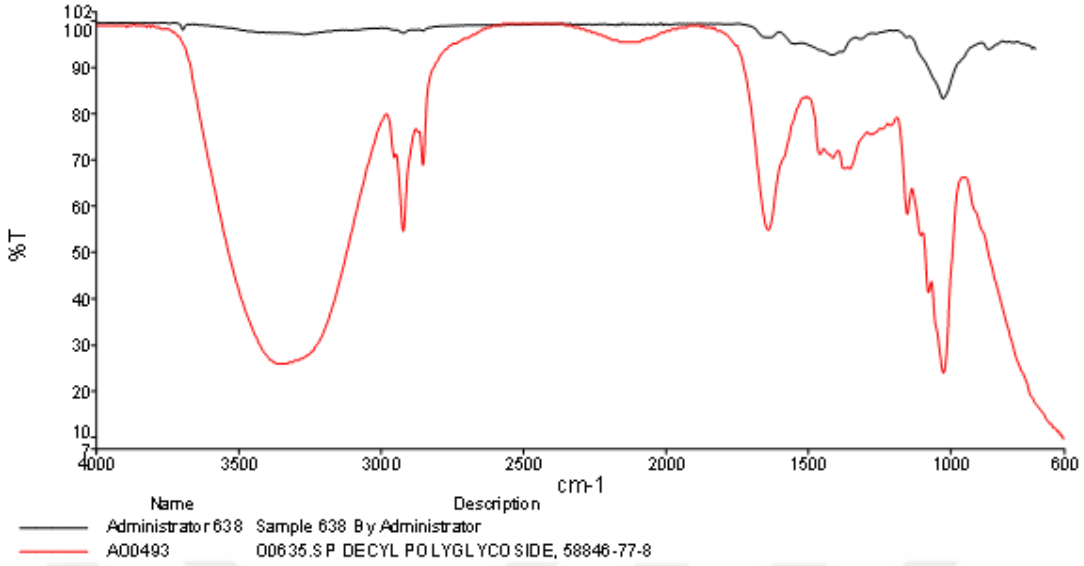
Şekil 31 Pelit aksamı (%83) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



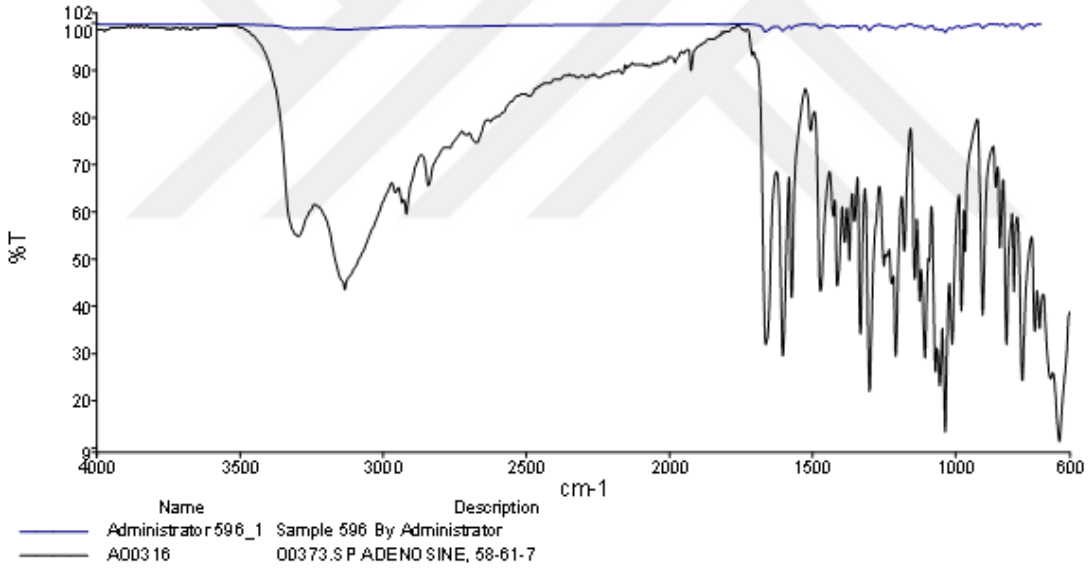
Şekil 32 Magnezyum hidroksit (%67) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuzu)



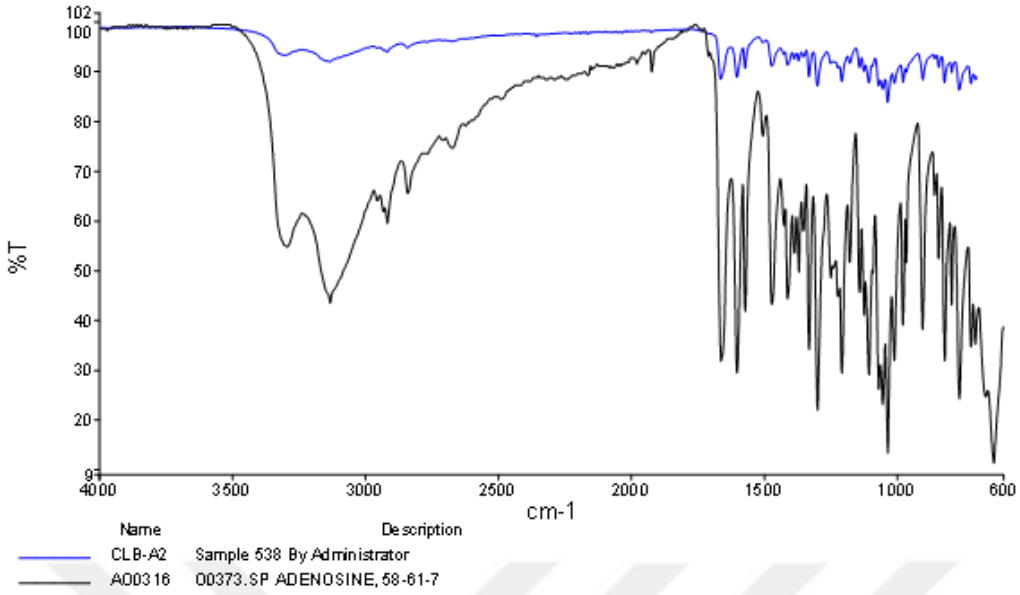
Şekil 33 Polietilen (%67) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)



Şekil 34 Desil Poliglikosit (76) spektrumu (Siyah: Örnek, Kırmızı: Kılavuz)

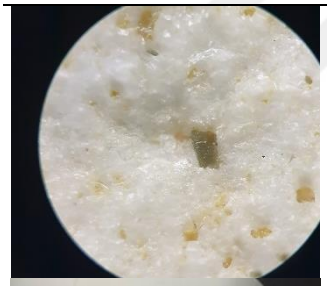


Şekil 35 Adenozin (%96) spektrumu (Lacivert: Örnek, Siyah: Kılavuz



Şekil 36 Adenozin (%98) spektrumu (Lacivert: Örnek, Siyah: Kılavuz)

Tablo 2
FT-IR Analizine göre şüpheli partiküllerin içerikleri ve yüzde sonuçları

Şüpheli Parçalar	Özellik (Renk ve Şekil)	Madde ve Plastik Çeşidi	Benzerlik (%)
	Sarı Fragment	Adenozin	%93 (Şekil 14)
	Beyaz Fragment	Adenozin	%75 (Şekil 15)
	Şeffaf Film	Polistiren	%81(Şekil 16)

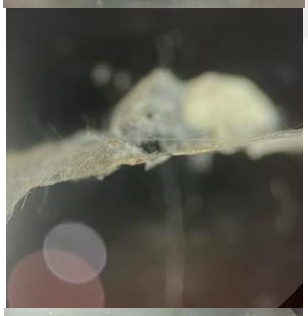
Tablo 2'ün devamı

FT-IR Analizine göre şüpheli partiküllerin içerikleri ve yüzde sonuçları

Şüpheli Parçalar	Özellik (Renk ve Şekil)	Madde ve Plastik Çeşidi	Benzerlik (%)
	Beyaz Fragment	Aragonit	%71 (Şekil 17)
	Beyaz Fragment	Aragonit	%72 (Şekil 18)
	Sarı Fragment	Poli(N-asetilglukamin)	%74 (Şekil 19)
	Şeffaf Film	Adenozin	%72 (Şekil 20)
	Beyaz Fiber	Adenozin	%72 (Şekil 21)
	Mavi Granül	Adenozin	%82 (Şekil 22)

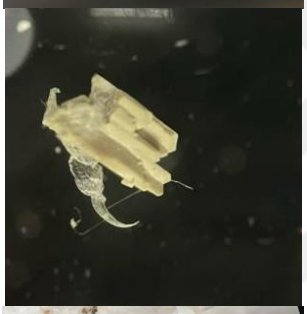
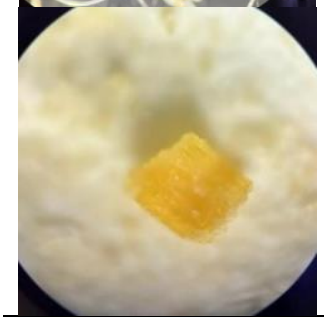
Tablo 2'ün devamı

FT-IR Analizine göre şüpheli partiküllerin içerikleri ve yüzde sonuçları

Şüpheli Parçalar	Özellik (Renk ve Şekil)	Madde ve Plastik Çeşidi	Benzerlik (%)
	Sarı Film	Adenozin	%78 (Şekil 23)
	Mavi Fiber	Poli(N-asetilglukamin)	%89 (Şekil 24)
	Beyaz Granül	Kalsiyum karbonat	%89 (Şekil 25)
	Şeffaf Fragment	Siklodekstrin	%69 (Şekil 26)
	Beyaz Fragment	Kalsiyum karbonat	%82 (Şekil 27)
	Beyaz film	Aragonit	%66 (Şekil 28)

Tablo 2'ün devamı

FT-IR Analizine göre şüpheli partiküllerin içerikleri ve yüzde sonuçları

Şüpheli Parçalar	Özellik (Renk ve Şekil)	Madde ve Plastik Çeşidi	Benzerlik (%)
	Beyaz Fiber	Kalsiyum sitrat	%60 (Şekil 29-Şekil 30)
	Sarı Fiber	Pelit aksamı	%83 (Şekil 31)
	Sarı Fragment	Magnezyum hidroksit	%67 (Şekil 32)
	Sarı Fiber	Polietilen	%67 (Şekil 33)
	Şeffaf Fiber	Desil poliglikosit	%76 (Şekil 34)
	Turuncu Fragment	Adenozin	%96 (Şekil 35)

Tablo 2'ün devamı

FT-IR Analizine göre şüpheli partiküllerin içerikleri ve yüzde sonuçları

Şüpheli Parçalar	Özellik (Renk ve Şekil)	Madde ve Plastik Çeşidi	Benzerlik (%)
	Siyah Fiber	Adenozin	%98 (Şekil 36)

Bağırsak örneklerindeki tespiti sağlanan mikroplastik adetleri, toplam balık adedi, plastik içeren balıkların (pozitif balık) adedi, pozitif balıkların toplam balıklara olan yüzde oranı, mikroplastiklerin toplam balık adedine oranı ve mikroplastik adedinin pozitif balıklara oranı Tablo 3'de gruplara göre gösterilmiştir.

Tablo 3

ATR FT-IR analizinden sonra bağırsakta saptanan mikroplastik adetleri ve pozitif balıklara göre yüzdeleri

DÖNEM	YAZ		KIŞ	
GRUP	ÇİFTLİK	DOĞAL	ÇİFTLİK	DOĞAL
MP Miktarı	31	37	11	49
MP/ Şüpheli Partikül[1]	0,09	0,06	0,20	0,79
Balık Adet (n)	51	51	30	40
Pozitif Balık Adet	25	28	9	23
Pozitif Balık Yüzdesi[2]	49%	55%	30%	58%
MP/Balık Adet[3]	$0,61\pm0,10^{b,A}$	$0,73\pm0,12^{ab,A}$	$0,37\pm0,11^{b,B}$	$1,23\pm0,17^{a,A}$
MP/ Pozitif Balık Adet[4]	1,24	1,32	1,22	2,13

M.P.: Mikroplastik, 1: MP / Şüpheli Partikül = FT-IR ile Doğrulanan MP Sayısı / Gözlemlenen Şüpheli Partikül Sayısı, 2: Pozitif Balık Yüzdesi = (Pozitif Balık Sayısı / Toplam Balık Sayısı) × 100, 3: MP / Balık Adedi = Toplam MP Sayısı / Toplam Balık Sayısı, 4: MP / Pozitif Balık Adedi = Toplam MP Sayısı / Pozitif Balık Sayısı. Aynı satırda farklı üstel küçük harfler ile gösterilen değerler istatistiksel açıdan farklıdır (Tamhane testi, $p<0,05$). Aynı mevsimde farklı üstel büyük harfler ile gösterilen değerler istatistiksel açıdan farklıdır (Mann–Whitney U testi, $p<0,05$).

Yaz döneminde doğal ortamdan elde edilen çipuraların bağırsaklarındaki MP/Balık Adedi (0,73±0,12) çiftlik grubuna (0,61±0,10) kıyasla kısmen yüksek

bulunmuştur ($p>0,05$). Kış döneminde ise doğal örneklerin MP/Balık Adedi (1,23±0,17) yaz (0,61±0,10) ve kış (0,37±0,11) çiftlik gruplarından anlamlı düzeyde yüksek çıkmıştır ($p<0,05$).

Tüm gruplar değerlendirildiğinde, kış dönemindeki doğal çipuralar bağırsak mikroplastik miktarı (49 adet), MP/Balık Adedi (1,23±0,17) ve MP/Pozitif Balık Adedi (2,13) açısından en yüksek değerlere sahip grup olmuştur. Ayrıca pozitif balık yüzdesi bu grupta %58 ile tüm gruplar içinde en yüksek ikinci değer olarak kaydedilmiştir.

Ki-kare analizi sonucunda, pozitif balık adedi açısından yaz döneminde çiftlik ve doğal balıklar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Buna karşılık, pozitif balık adedi kış döneminde doğal balıklarda çiftlik balıklarına göre istatistiksel açıdan yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

4.3. Tartışma

Bu çalışmada elde edilen bulgular, literatürde çipura (*Sparus aurata*) ve diğer ticari balık türleri üzerinde yapılan benzer araştırmalarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mikroplastik varlığı, hem yetiştirme koşullarına (doğal ve kültür), hem de mevsimsel farklılıklara (yaz ve kış) göre değişiklik göstermiştir. Bu kapsamda, farklı lokasyon ve yöntemlerle yürütülen önceki çalışmalar ile bu tezde elde edilen verilerin karşılaştırmalı olarak sunulduğu Tablo 4 aşağıda verilmiştir.

Akdeniz kıyısında Güven ve diğerlerinin (2017) yaptığı çalışmada 110 çipura balığının mide ve bağırsak kanalında polietilen ve poliester olmak üzere iki çeşit plastiğe rastlanılmış ve bunlar balık başına midede 1,47 adet, bağırsakta ise 1,53 adet mikroplastik sayımı gerçekleştirilmiştir. Bir diğer çalışmada ise Aron ve Kanarya adaları çevresinde Atlantik okyanusunda yetiştiricilik ile elde edilen 41 adet çipura balığının bağırsak kanalında yapılan örneklemede balık başına 5,1 adet mikroplastik hesaplanmış ve bunların türleri poliester, poliakrilonitril ve poli-eter üretan olarak ATR FT-IR'da belirlenmiştir (Sánchez vd., 2022). Bu farklılıkların, örneklenen coğrafyanın, kullanılan sindirim yöntemi veya mevsimsel farklılıklardan kaynaklandığı söylenebilir.

Levrek, çipura ve alabalık olmak üzere 3 ticari öneme sahip balığın Akdeniz'de (İskenderun/Hatay) yetiştiricilik ile edilen örneklerinin bağırsak kanallarında sırasıyla balık başına 0,95; 0,8 ve 1,2 adet mikroplastik tespit edilmiş ve türleri poliester, poliamid

ve polietilen olarak kaydedilmiştir. Bu çalışmalar ışığında Akdeniz havzası ve Cebelitarık kıyılarına kadar yapılan çipura balığındaki mikroplastik tespiti araştırmaları yoğunluk olarak tek bir yetiştirme şeklindeki balıkları kapsamaktadır. İyon denizi ve Adriyatik denizinde yapılan son çalışmalardan birinde balık başına düşen mikroplastik miktarı çipura balığı için 40 adet olarak kaydedilmiş olunup daha önceki çalışmalarda sık rastlanmayan polibütil, metakrillat, polivinil-bütral, polivinil-alkol çeşidi plastikler kaydedilmiştir (Miserli vd., 2023). Bu çalışmalarda ATR FT-IR ile yapılan tespitlerde en yaygın ve sık rastlanan plastik çeşitleri polistiren ve polietilen olarak belirlenmiştir. Balık başına düşen plastik miktarı genelde benzer seviyelerde bulunmuştur.

Yaz döneminde gözle görülen şüpheli partikül sayısı daha yüksek olsa da, ATR FT-IR analizleri sonucunda bunların önemli bir kısmının mikroplastik olmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık, kış döneminde gözlenen şüpheli partikül sayısı daha düşük olmasına rağmen, ATR FT-IR doğrulaması ile gerçek mikroplastik oranı daha yüksek çıkmıştır. Bu çalışmada kış döneminde doğal çipuralarda bağırsaklardaki mikroplastik miktarının daha yüksek bulunması, mevsimsel beslenme alışkanlıklarıyla ilişkili olabilir. Pita vd. (2002) tarafından bildirildiği üzere, çipura kış aylarında ağırlıklı olarak karındanbacaklılar (Gastropoda) ve çift kabuklular (Bivalvia) ile, yaz aylarında ise karındanbacaklılar, amfipodlar ve çift kabuklular ile beslenmektedir. Bu da habitat ve besin kaynağı farklılığının mikroplastik maruziyetini mevsimsel olarak değiştirebileceğini göstermektedir.

Bu tez çalışmasında çipura balığının hem yetiştiricilikle elde edilen örnekleri hem de olta balıkçılığı ile elde edilen örnekleri karşılaştırmaya sunulmuştur. Yetiştiricilik ile elde edilen örneklerin balık başına ortalama 0,52 adet, olta balıkçılığı ile elde edilen çipura balıklarında ise ortalama 0,94 adet mikroplastiğe rastlanmıştır ve bunların ikisinde de polietilen ve polistiren olmak üzere iki çeşit plastik ATR FT-IR ile saptanmıştır.

Tablo 4

Farklı bölgelerde çipura ve diğer ticari balık türlerinde tespit edilen mikroplastik miktarları ve türlerinin karşılaştırılması

Konum	**Balık Türü ve Adedi**	**Metot**	**M.P. Çeşidi**	**M.P. Adedi/Balık**
Akdeniz kıyısı (Güven vd., 2017)	*Sparus aurata* (110)	%35 H_2O_2	Poliester, Polietilen	1,47(Mide) 1,53(Bağırsak)
Aron, Kanarya adaları, Atlantik (Sánchez-Almeida vd., 2022)	*Dicentrarchus labrax* (45) *Sparus aurata* (41)	%10 KOH 60°C 24s	Poliester Poliakrilonitril Poli-eter üretan	5,4±4,2 (Levrek) 5,1±5,1 (Çipura)
Hatay (Kılıç, 2022)	*Dicentrarchus labrax* (21) *Sparus aurata* (22) *Oncorhynchus mykiss* (30)	%30 H_2O_2	Poliester Poliamid Polietilen	0,95±1,1 (Levrek) 0,8±1,1 (Çipura) 1,2±1,3 (Alabalık)
Muğla, Aydın (Bu çalışma, 2022)	*Sparus aurata* (172)	%10 KOH Et; 60°C 24s Bağırsak; 40°C 72s	Polietilen Polistiren	0,52 (Çiftlik)* 0,94 (Doğal)
İyon Denizi, Adriyatik Denizi (Miserli vd., 2023)	*Sparus aurata* *Dicentrarchus labrax*	%30 H_2O_2	Polietilen, Polibütil Metakrillat Polivinil-bütral Polivinil-alkol	40±3,9 (Çipura) 22 ± 2,1 (Levrek)

M.p.:Mikroplastik, s: Saat, *: Ortalama MP = (Yaz MP + Kış MP) / (Yaz Balık Sayısı + Kış Balık Sayısı)

Polistiren, monomeri stiren (etilbenzen) olan, günümüzde özellikle ısı yalıtımında kullanılan ve ticari adıyla strafor (Dow Chemical Company) olarak bilinen bir polimerdir (Priddy, 2002). 1931 yılında M. Bonastre tarafından bir ağaç reçinesinden damıtılarak elde edilen stiren (etenilbenzen), doğal olarak petrolden elde edilebildiği gibi, benzen ve etilenin birleşimiyle sentetik olarak da üretilebilmektedir. Günümüzde stiren üretimi, yıllık yaklaşık 35 milyon ton kapasiteye ulaşmıştır (Baker, 2018).

Polietilen, termoplastik, ambalaj, filmler, poşetler ve çeşitli konteynerlerde yaygın kullanım alanına sahiptir ve mikropartikül formunda deniz ortamında ve sucul canlılarda en yaygın tespit edilen polimer türlerinden biridir (Lin vd., 2023; Abbasi vd., 2023). Bu bağlamda, tezimizde ATR-FT-IR analizleri ile tespit edilen polietilen ve polistiren bulguları, literatürdeki genel mikroplastik dağılımı ile uyumludur.

Sonuç olarak, bu maddelerin deniz ortamında ve balıkların sindirim sisteminde yoğun olarak tespit edilmesi, yüksek üretim hacimleri ve günlük yaşamda yaygın kullanım alanlarına bağlı olarak çevrede geniş ölçekte bulunmalarıyla ilişkilidir.

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında çipura balığının iki farklı beslenme ortamlarına göre ve mevsimlerine göre karşılaştırmalı bağırsak kanalındaki mikroplastik miktarları incelenmiştir.

- Doğal çipuralarda çiftlik örneklerine göre bağırsaklarda daha fazla mikroplastik tespit edilmiştir. Doğal çipuraların daha geniş alanlarda beslenmesinden kaynaklı daha fazla plastiğe maruz kaldığı düşünülmektedir.
- Yaz döneminde bağırsakta tespit edilen şüpheli partikül sayısı daha yüksek olmasına rağmen, kış döneminde doğal grupta FT-IR ile doğrulanan gerçek mikroplastik miktarı en yüksek bulunmuştur.
- Tespiti yapılan plastiklerin çeşitleri polietilen ve polistiren olarak bulunmuştur.
- Çalışma sonuçları, çiftlik çipuralarının ağ kafeslerde yetiştirilmelerine rağmen, doğal ortamdaki bireylerin daha yüksek düzeyde mikroplastik birikimi gösterdikleri ortaya konmuştur.

5.2. Öneriler

Bu tezden elde edilen bilgiler ışığında;

- İleriki çalışmalarda daha küçük partiküllerde taranması için μ-FT-IR kullanılarak daha küçük boyuttaki plastik partüküllerin tespiti de yapılabilir.
- Ticari öneme sahip diğer balıklar (Alabalık, Levrek) içinde yetiştiricilik ve yabani balıkların içerdiği plastik miktarlarının karşılaştırılması yapılabilir. Balıkların larval, juvenil dönemlerinde de bu araştırma gerçekleştirilebilir.
- Partiküllerin sayısal karşılaştırması yerine hacimsel ve yüzey ölçümü yapılarak oransallaştırılması yapılabilir.

- Plastik partiküller zarar derecesi tespiti için balıkların sağlık karakterstikleri değerlenidirilebilir.

KAYNAKÇA

Abbasi, A., Sadeghi, P., ve Abadi, Z. T. R. (2023). Characterization of microplastics in digestive tract of commercial fish species from the Oman Sea. *Marine Pollution Bulletin*, *197*, 115769.

Aytan, U., Esensoy, F. B., Şentürk, Y., Arifoğlu, E., Karaoğlu, K., Ceylan, Y. ve Valente, A. (2021). Plastic occurrence in commercial fish species of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(7).

Baker, I. (2018). Polystyrene. In *Fifty Materials That Make the World* (pp. 175-178). Cham: Springer International Publishing.

Caruso, G. (2019). Microplastics as vectors of contaminants. *Marine pollution bulletin*, *146*, 921-924.

Cataldi, E., Cataudella, S., Monako, G., Rossi, A. ve Tancioni, L. (1987). Çipura *Sparus aurata*'nın sindirim sisteminin histolojisi ve morfolojisi üzerine bir çalışma. *Balık Biyolojisi Dergisi*, 30(2), 135-145.

Dikel, S., 2005. Kafes Balıkçılığı. Ç.Ü. *Su Ürünleri Fak Yayınları* No:18.Dikici Basımevi, Adana, 216s.

Froese R. ve Pauly D. (eds.) (2006). Fish base. www.fishbase.org

Gesamp, G. J. I. L. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part one of a global assessment.

Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B. ve Kıdeyş, A. E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. Environmental pollution, 223, 286-294.

Hanachi, P., Karbalaei, S., Walker, T. R., Cole, M ve Hosseini, S. V. (2019). Abundance and properties of microplastics found in commercial fish meal and cultured common carp (Cyprinus carpio*). Environmental Science and Pollution Research,* 26, 23777-23787.

Jackson, D., Drumm, A., McEvoy, S., Jensen, Ø., Mendiola, D., Gabiña, G ve Black, K. D. (2015). A pan-European valuation of the extent, causes and cost of escape events from sea cage fish farming. *Aquaculture*, 436, 21-26.

Kershaw, P. J ve Rochman, C. M. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. Reports and studies-IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP joint group of experts on the scientific aspects of marine environmental protection (GESAMP) Eng No. 93.

Kılıç, E ve Yücel, N. (2022). Microplastic occurrence in the gastrointestinal tract and gill of bioindicator fish species in the northeastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 177, 113556.

Kılıç, E. (2022). Microplastic ingestion evidence by economically important farmed fish species from Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 183, 114097.

Koraltan, İ., Mavruk, S. ve Güven, O. (2022). Effect of biological and environmental factors on microplastic ingestion of commercial fish species. *Chemosphere*, 303, 135101.

Li, J., Green, C., Reynolds, A., Shi, H. ve Rotchell, J. M. (2018). Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. *Environmental pollution*, 241, 35-44.

Lin, X., Gowen, A. A., Pu, H., ve Xu, J. L. (2023). Microplastic contamination in fish: Critical review and assessment of data quality. *Food Control*, *153*, 109939.

Miserli, K., Lykos, C., Kalampounias, A. G. ve Konstantinou, I. (2023). Screening of microplastics in aquaculture systems (fish, mussel, and water samples) by FTIR, scanning electron microscopy–energy dispersive spectroscopy and micro-raman spectroscopies. *Applied Sciences*, 13(17), 9705.

Murphy, F., Russell, M., Ewins, C ve Quinn, B. (2017). The uptake of macroplastic and microplastic by demersal and pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2), 353-359.

Nabi, N., Ahmad, I., Amin, A., Rather, M. A., Ahmed, I., Hajam, Y. A ve Abubakr, A. (2024). Understanding the sources, fate and effects of microplastics in aquatic

environments with a focus on risk profiling in aquaculture systems. *Reviews in Aquaculture*, 16(4), 1947-1980.

Pozo, K., Gomez, V., Torres, M., Vera, L., Nuñez, D., Oyarzún, P., Mendoza,G., Clarke, B., Fossi, M., Baini, M., Přibylová, P. ve Klánová, J. (2019). Presence and characterization of microplastics in fish of commercial importance from the Biobío region in central Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 315-319.

Pita, C., Gamito, S., ve Erzini, K. (2002). Feeding habits of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) from the Ria Formosa (southern Portugal) as compared to the black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) and the annular seabream (*Diplodus annularis*). *Journal of Applied Ichthyology*, *18*(2), 81-86.

Priddy, D. (2002). Styrene polymers. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, *4*.

Sánchez-Almeida, R., Hernández-Sánchez, C., Villanova-Solano, C., Díaz-Peña, F. J., Clemente, S., González-Sálamo, J. ve Hernández-Borges, J. (2022). Microplastics determination in gastrointestinal tracts of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilt-head sea bream (*Sparus aurata*) from Tenerife (Canary Islands, Spain). *Polymers*, 14(10), 1931.

Sola, L., Moretti, A., Crosetti, D., Karaiskou, N., Magoulas, A., Rossi, A. R. ve Tsigenopoulos, C. S. (2007). Gilthead seabream—*Sparus aurata*. *Genet. Impact Aquac. Act. Nativ. Popul*, 47.

TÜİK,2023; https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2023-53702&dil=2

Wright, S. L., Thompson, R. C. ve Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492.

Whiteley, K. S., Heggs, T. G., Koch, H., Mawer, R. L., ve Immel, W. (2000). Polyolefins. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. doi:10.1002/14356007.a21_487

Verschoor, A. J. (2015). Towards a definition of microplastics: Considerations for the specification of physico-chemical properties.

Yılmaz, K., Özçiçek, E., ve Can, E. (2015). Ağ kafeslerde periyodik operasyonlar. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 1(2).

Yigit, M., Dwyer, R., Celikkol, B., Yilmaz, S., Bulut, M., Buyukates, Y. ve Ergün, S. (2018). Human exposure to trace elements via farmed and cage aggregated wild Axillary seabream (*Pagellus acarne*) in a copper alloy cage site in the *Northern Aegean Sea. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50, 356-361.

Zhu, J., Zhang, Q., Li, Y., Tan, S., Kang, Z., Yu, X., Lan, W., Cai, L., Wang, J. ve Shi, H. (2019). Microplastic pollution in the Maowei Sea, a typical mariculture bay of *China. Science of the Total Environment*, 658, 62-68.