



Işnılı İnci İstiridyesi (*Pinctada imbricata radiata*)’da Mikroplastik Varlığı

Dilara AKSAKAL¹ Mustafa ÇALIŞ² Selçuk YİĞİTKURT³ Yaşar DURMAZ^{3*}

¹Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 35100, Bornova-İzmir/Türkiye.

²Nuvita Nuvita Biosearch R & D Center, Esenyurt -İstanbul/Türkiye.

³Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100, Bornova-İzmir/Türkiye.

Geliş/Received: 29.09.2021

Kabul/Accepted: 28.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Aksakal, D., Çalış, M., Yiğitkurt, S. & Durmaz, Y. (2021). Işnılı İnci İstiridyesi (*Pinctada imbricata radiata*)’da Mikroplastik Varlığı. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 742-748.

How to cite: Aksakal, D., Çalış, M., Yiğitkurt, S. & Durmaz, Y. (2021). The Presence of Microplastics in the Rayed Pearl Oyster (*Pinctada imbricata radiata*). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 742-748.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-1858-5882>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-6959-4666>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-6561-7816>
ID: <https://orcid.org/0000-0003-0026-712X>

*Corresponding author:
Yaşar DURMAZ
Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi,
Yetiştiricilik Bölümü, İzmir, Türkiye.
✉: yasar.durmaz@ege.edu.tr

Öz: Mikroplastikler 1µm ile 5mm boyutları arasında olan düzgün şekilli veya şekilsiz polimerik parçalar olarak tanımlanmaktadır. Doğrudan üretilebildikleri gibi daha büyük plastik parçaların zaman içerisinde ayrılması ile de oluşabilmektedir. Son yıllarda deniz ekosistemi içerisinde hızla yaygınlaşan etkili ve tehlikeli kirleticiler haline gelmiştir. Deniz yüzeyinde boyutları nedeni ile çıplak gözle kolaylıkla görünmezler. Ancak canlılar içerisinde kolaylıkla birikim yapabilirler. Özellikle besinlerini filtrasyon yolu ile alan çift kabuklu canlılar bünyelerine besinlerinin yanında veya doğrudan besin olarak mikroplastik almak zorunda kalmışlardır. Hem deniz ekosistemi için hem de gıda olarak tüketimleri ile önemli ve değerli olan midye, istiridye gibi çift kabukluların mide veya yumuşak doku içeriğinde mikroplastik tayin çalışmaları giderek dikkat çekmektedir. Bu çalışmada Çeşme Ildır Kıyılarından toplanan ışnılı inci istiridyesi *Pinctada imbricata radiata*’nın mide örnekleri içerisinde mikroplastik varlığı incelenmiştir. Toplanan *Pinctada imbricata radiata*’nın mide örnekleri organik materyallerin sindirimi için %10 KOH (Potasyum Hidroksit) çözümü içerisine alınmış ve yaklaşık 15 gün bekletilmiştir. Yoğunluk ayırımı için doygun NaCl (1,2 g/ml) çözümü ilave edilmiştir. Mide örnekleri içerisinde tespit edilen tüm şüpheli parçacıklar fotoğraflanmıştır. İçlerinden rastgele seçilen parçacıklar µ-FTIR analizine alınmıştır. Sonuçta seçilen örneklerin 65 tanesi mikroplastik olarak tanımlanmıştır. Tespit edilen türler içerisinde en yaygın görülen mikroplastik şekli fiber, polimer tipi Polietilen (PE) ve en yaygın görülen mikroplastik rengi ise mavi olmuştur.

Anahtar kelimeler: Ege denizi, ışnılı inci istiridyesi, mikroplastik, *Pinctada imbricata radiata*.

The Presence of Microplastics in the Rayed Pearl Oyster (*Pinctada imbricata radiata*)

Abstract: Microplastics are defined as uniformly shaped or shapeless polymeric pieces between 1 µm and 5 mm in size. They can be produced directly, as well as by the separation of larger plastic parts over time. In recent years, they have become effective and dangerous pollutants that have become widespread in the marine ecosystem. Due to their size on the sea surface, they are not easily visible to the naked eye. However, they can easily accumulate in the live organisms. In particular, bivalve that take their nutrients through filtration have had to take microplastics into their bodies either directly or as food. Microplastic determination studies in the stomach and soft tissue contents of bivalves such as mussels and oysters, which are important and valuable both for the marine ecosystem and for their consumption as food, are attracting increasing attention. In this study, the presence of microplastics in stomach samples of Rayed pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* collected from Çeşme Ildır Coast was investigated. Stomach samples of collected *Pinctada imbricata radiata* were taken into 10% KOH (Potassium Hydroxide) solution for digestion of organic materials and kept for about 15 days. Saturated NaCl (1.2 g/ml) solution was added for density separation. All doubtful particles under the microscope have been taken photographs. And then, randomly have been selected ones have been included in µ-FTIR analysis. Finally, 65 of the selected samples have been identified as microplastic. Among the detected species, the most common microplastic type have been fiber, polymer type Polyethylene (PE) and the most common microplastic color have been blue.

*Sorumlu yazar:
Yaşar DURMAZ
Ege University Faculty of Fisheries,
Department of Aquaculture, İzmir, Turkey
✉: yasar.durmaz@ege.edu.tr

Keywords: Aegean sea, microplastic, *Pinctada imbricata radiata*, rayed pearl oyster.

GİRİŞ

Plastik, ucuz ve kolay ulaşılabilir olması ile 20.yy'dan sonra hemen her alanda kullanılmaya başlamıştır (Kayan & Küçük, 2020). Ancak uzun yıllardır bilinçsiz şekilde doğaya bırakılmaları ile giderek artan bir plastik kirliliği ortaya çıkmıştır. Her yıl deniz ortamına 8 milyon ton plastik girmektedir ve denizlerimizdeki kirliliğin yaklaşık %80'i plastiklerden oluşmaktadır (IUCN, 2018). Bu plastik kirliliğinin ise %90'dan fazlası mikroplastik formundadır (Eriksen vd., 2014). Tek bir plastiğin doğada kaybolması için geçen sürede milyarlarca mikroplastik parçacık oluşmaktadır. Plastikler küçükten büyüğe doğru; nanoplastik (1nm-1µm), mikroplastik (1µm-1mm), mezoplastik (1mm-1cm) ve makroplastik (≥1cm) olarak sınıflandırılmıştır (Hartmann vd., 2019). Mikroplastikler için en son yapılan tanım; birincil ve ikincil kaynaklı, 1µm ile 5mm arasında boyutları olan, şekilsiz veya düzgün yapılı, su içerisinde çözünmeyen polimerik parçalardır (Frias & Nash, 2019). Birincil mikroplastikler; direkt olarak üretilen çoğunlukla kozmetik ve kişisel bakım ürünlerinde kullanılan mikroplastiklerdir. Örneğin; yüz temizleme jelleri ve diş macunları gibi ürünlerin içerisine konulmak üzere üretilen plastikler. İkincil mikroplastikler; daha büyük plastiklerin zamanla fiziksel, kimyasal ve biyolojik nedenler ile parçalanması sonucu oluşmaktadır. Örneğin; tekstil, endüstriyel hammadde ve araç lastikleri gibi ürünlerin kullanımı sırasında veya çevreye bırakıldıktan sonra zaman içerisinde oluşmaktadır (Yurtsever, 2019).

Mikroplastik kirliliği deniz ortamında yeni tanınmaya başlayan ve tüm deniz canlılarını etkileyen ciddi bir sorundur. Deniz ortamındaki plastik dağılımı heterojendir ve plastik atıklar genellikle ortaya çıktıkları büyük kent merkezlerinden uzak bölgelerde de bulunabilmektedirler (Koelmans vd., 2014). Örneğin; mikroplastikler dünyanın en uzak noktalarında kuzey kutbunun deniz suyu ve tabanında bulunmuştur (Ross vd., 2021). WWF, (2019) verilerine göre Akdeniz'de kilometrekare başına 1,25 milyon mikroplastik bulunduğu, aynı zamanda bu plastik kirliliğine sebep olan ülkeler arasında en başta Türkiye ve İspanya olduğu açıklanmıştır. 2020 yılında alınan son veriler ile okyanus tabanında 14 milyon mikroplastik parçacık bulunduğu bildirilmiştir (Barrett vd., 2020). Mikroplastiklerin denizlere girişi üretimleri sırasında veya tüketim sonrası olmaktadır. Antropojenik kaynaklı endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklanan birincil ve ikincil mikroplastik kirliliği denize karıştığında deniz tabanında birikim yapabilmekte veya su yüzeyinde askıda kalabilmektedir (Naji vd., 2017; Naji vd., 2018). Deniz canlıları mikroplastiklere maruz kalmaya oldukça açıktır. Boyutları, renkleri ve deniz ortamında

sayıca fazla bulunmaları canlılar tarafından kolayca besinlerinin yerine veya besinlerinin yanında alınmalarına sebep olmaktadır (Kirstein vd., 2016; Egbeocha vd., 2018).

Mikroplastikler yoğunlukları nedeniyle suyun renk, bulanıklık ve ışık geçirgenliği vb. fiziksel su kalite parametrelerini etkilerken, plastiklerden zamanla sızabilecek toksik bileşenler de kimyasal parametrelerini bozabilmektedir (Koelmans vd., 2016). Aynı zamanda patojenleri ve potansiyel olarak zararlı mikroorganizmaları besin zinciri ile diğer organizmalara taşıyabilirler (Vandermeersch vd., 2015). Deniz organizmalarının morfolojik ve fizyolojik yapılarında; hücrelerinde ve dokularında mikroplastik birikimine bağlı olarak olumsuz biyolojik etkiler ortaya çıkabilmektedir (Sharma & Chatterjee, 2017). Çift kabuklular deniz ortamının doğal filtre sistemleridir. Özellikle midye, istiridye gibi besinlerini filtrasyon yolu ile alan canlılar mikroplastiklere karşı savunmasız oldukları için doğrudan su sütununda bulunan mikroplastikleri suyu süzerek veya besinlerinin yanında alabilmektedir (Vandermeersch vd., 2015). Böylece çift kabuklu canlılar vücutlarında fizyolojilerini, kabuklu deniz ürünleri stoklarını ve bentik habitatları, dolaylı olarak deniz ekosistemini ve son tüketici olarak da insanların sağlık durumunu etkileyecek yüksek seviyelerde mikroplastığı sindirir ve asimile ederler (Thomas vd., 2020). Böylelikle istiridye tüketen bir kişinin altı adet istiridye tüketmesi ile yaklaşık olarak 50 adet mikroplastığı de vücuduna alacağı bildirilmiştir (Vidal, 2016).

Bu çalışmada, turizm ve balıkçılık faaliyetlerinin yoğun olduğu Çeşme-İldır Kıyılarından toplanan Işnılı inci istiridyesi *Pinctada imbricata radiata*'nın mide içeriğinde mikroplastik varlığı incelenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda mikroplastiklerin polimer tipleri ve şekillerinin yoğunluk durumunun belirlenmesi ve antropojenik kaynaklı kirlilik ile ilişkisinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE METOT

Örneklerin Toplanması: Işnılı inci istiridyesi *Pinctada imbricata radiata* örnekleri Çeşme/İldır (38°25'42.81"K;26°30'56.20"D) bölgesi açıklarında Ocak 2021'de 0-5 metre aralığında serbest dalış yöntemi ile toplanmıştır (Şekil 1).

Rastgele toplanan 30 adet örnek laboratuvara getirilinceye kadar soğutucu kovalar içerisinde muhafaza edilmiştir. Boy, en ve kalınlıkları dijital kumpas (Mitutoyo Dijital Kumpas Ip-67, 0-150/0,0. 500-70-620) ile ölçülmüştür. Mide örnekleri laminar flow kabin içerisinde çıkarılmış, ağırlıkları hassas terazi (Sartorius, GC8035-OCE) ile ölçülerek kaydedilmiştir. (Tablo 1)



Şekil 1. Örneklerin toplandığı (38°25'42.81"N;26°30'56.20"E) Çeşme-Ildır (İzmir Türkiye).

Figure 1. Çeşme-Ildır (İzmir Turkey) where the samples were collected (38°25'42.81"N;26°30'56.20"E).

Tablo 1. Işnılı inci istiridyesi *P. imbricata radiata*'nın ortalama boy, en, kalınlık, toplam ağırlık ve mide ağırlığı ölçümleri.

Table 1. Mean height, width, thickness, total weight and stomach weight measurements of the ray pearl oyster *P. imbricata radiata*.

	Boy (mm)	En (mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)	Mide Ağırlığı (g)
Ortalama	61,32	59,74	21,23	30,60	1,59
Min	43,96	39,83	12,44	9,00	0,80
Max	76,11	77,70	28,61	62,00	2,73
Standart Sapma	7,53	10,10	3,53	11,89	0,50

Organik Materyalin Sindirilmesi: Mideler, örnek miktarına bağlı olarak 150-200 ml %10 KOH (Potasyum hidroksit) çözeltisi içerisinde organik materyal tamamen çözününceye kadar yaklaşık 15 gün kabin içerisinde bekletilmiş ve aralarda el ile çalkalanmıştır (Ding vd., 2018).

Yoğunluk Ayırımı İşlemi: Organik maddelerin tamamen erimesinin ardından %10 KOH solüsyon miktarına bağlı olarak beherlere 800 ml doymuş NaCl (1,2 g/ml) solüsyonu ilave edilmiş ve 24 saat bekletilmiştir (Li vd., 2016).

Filtrasyon İşlemi: Kabin içerisinde koruyucu ekipman kullanarak gerçekleştirilmiştir. Üstte kalan sıvı faz vakum pompa yardımıyla 0,45 µm göz açıklığına sahip filtre kağıtları (Sartorius Selüloz Nitrat Membran Filtre, 47mm) üzerine alınarak steril petri kapları içerisinde muhafaza edilmiştir.

Mikroskop ile Mikroplastik Tanımlaması: Filtre kağıtları mikroskop (Nikon-Labaphot, Japan) altında 40x büyütme ile incelenmiş ve görsel olarak MP benzeri tüm parçalar fotoğraflanmıştır.

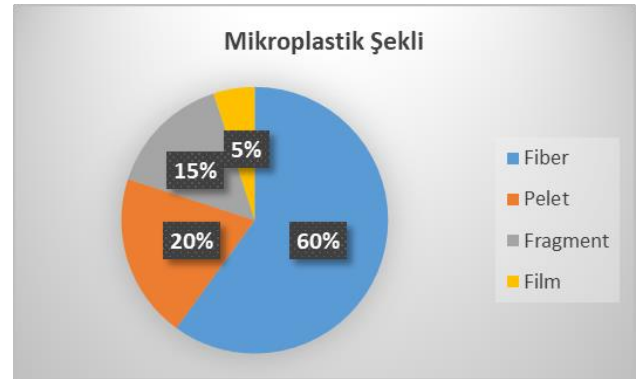
Mikro Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (µ-FTIR) Analizi: Mikroskop altında en fazla görülen türlerden seçilen örnekler Mikro Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (µ-FTIR) (Shimadzu IR Spirit L model/Japonya/7,800-350 cm⁻¹) ile analiz edilmiştir. Kullanılan absorpsiyon ölçüm modu; range cm⁻¹ 1,600 min / 4000 max, rezolüsyon:8 ve program; Laboratory Solutions CS-CDS'dir.

Kontaminasyon Önlemleri: Kullanılan tüm malzemeler saf su ve aseton ile 3'er kez yıkanmış ardından

folyo ile kapatılarak steril şekilde muhafaza edilmiştir. Tüm çalışmalar steril kabin içerisinde ve koruyucu ekipman kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Bu çalışma İzmir Körfezi Çeşme-Ildır kıyılarından toplanan Işnılı inci istiridyesi *Pinctada imbricata radiata* içerisinde antropojenik kirlilikten kaynaklanan mikroplastik varlığını göstermektedir. Organik materyalin sindirilmesinin ardından 30 adet mide örneğinin içerisinde toplamda 65 adet mikroplastik µ-FTIR analizi ile tespit edilmiştir. Tespit edilen mikroplastiklerin şekilleri %60 oranında fiber ip (Şekil 2) ve renkleri %50 oranında mavi olarak belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. *Pinctada imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde tespit edilen mikroplastik şekillerinin yoğunluk dağılımı.

Figure 2. Density distribution of microplastic shapes detected in stomach samples of *Pinctada imbricata radiata*.

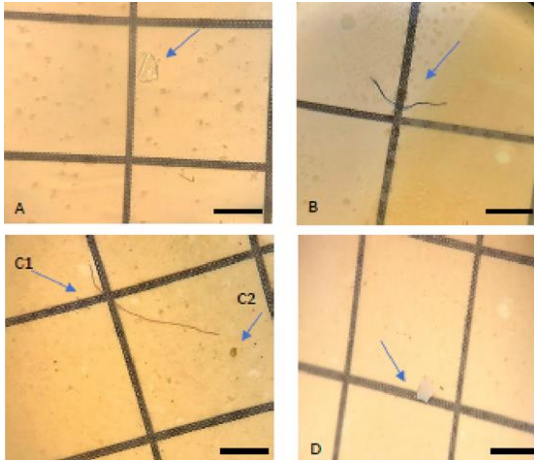


Şekil 3. *Pinctada imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde tespit edilen mikroplastik renklerinin yoğunluk dağılımı.

Figure 3. Density distribution of microplastic colors detected in stomach samples of *Pinctada imbricata radiata*.

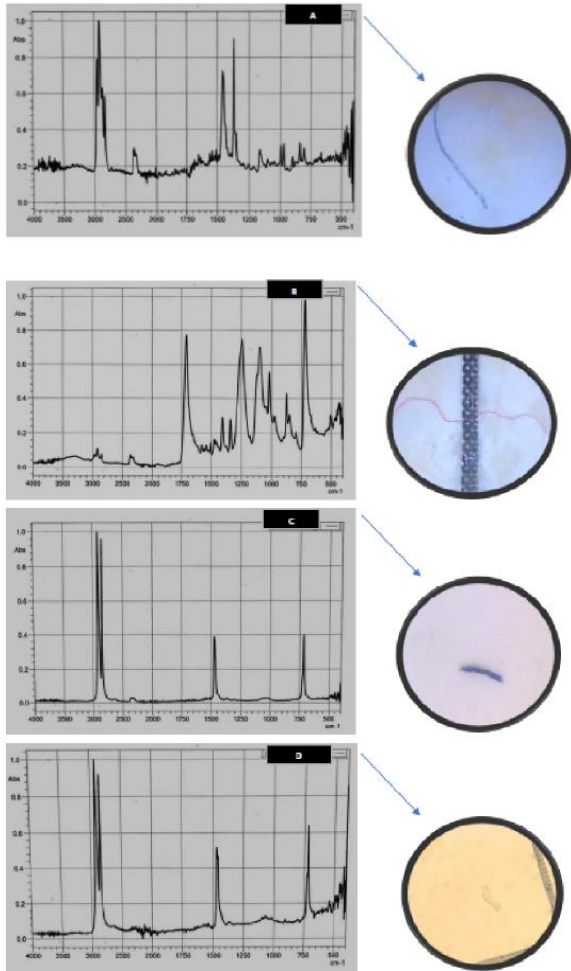
Mikroskop İncelemesi Sonuçları: Filtrasyon işlemi sonrasında mikroskop altında şüpheli görülen tüm parçalar şekil ve renkleri ayırt edilecek şekilde fotoğraflanmıştır (Şekil 4). Mikroplastik benzeri yapıların görsel teşhis tanımlanmasında referans olarak "MERI (2015), *Guide to Microplastic Identification*"dan

yararlanılmıştır. En yaygın görülen türler μ -FTIR analizine alınmıştır.



Şekil 4. Işınlı inci istiridyesi *P. imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde tespit edilen mikroplastikler. Mikroplastik şekilleri; A-D) Fragment, B-C1) Fiber, C2) Pelet. Ölçek çubuğu (Sağ alt köşe) =1000 μ m.

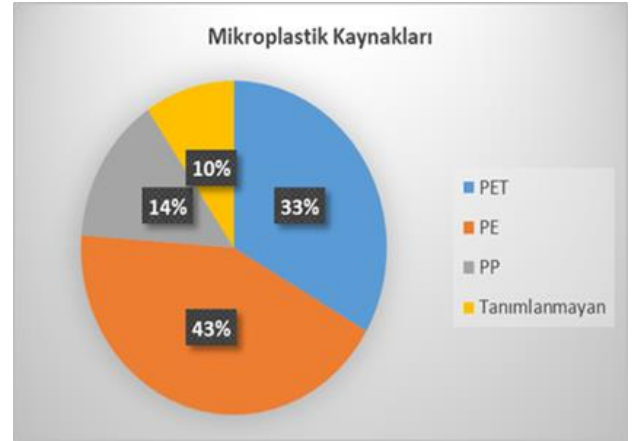
Figure 4. Microplastics detected in stomach samples of ray pearl oyster *P. imbricata radiata*. Microplastic shapes; A-D) Fragment, B-C1) Fiber, C2) Pellet. Scale bar (Lower right corner) =1000 μ m.i.



Şekil 5. μ -FTIR ile tespit edilen mikroplastiklerin polimer tipleri. A) Propilen (PP), B) Polietilen tereftalat (PET), C-D) Polietilen (PE)'dir.

Figure 5. Polymer types of microplastics detected by μ -FTIR. A) Propylene (PP), B) Polyethylene terephthalate (PET), C-D) Polyethylene (PE).

μ -FTIR Analizi Sonuçları: Elde edilen μ -FTIR analiz sonuçları doğrultusunda teşhis edilen örnekler mikroplastik tiplerinden polietilen tereftalat (PET) ile %89,9 oranında, propilen (PP) ile %87,8 oranında ve polietilen (PE) ile %92,9 oranında eşleşmiştir (Şekil 5). Analiz sonucunda Çeşme Ildır Kıyılarından toplanan *P. imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde tespit edilen 65 adet mikroplastığın polimer tip yoğunlukları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. *Pinctada imbricata radiata* mide örnekleri içerisinde μ -FTIR analizi sonucu tespit edilen polimer tiplerinin yoğunlukları.

Figure 6. Densities of polymer types detected as a result of μ -FTIR analysis in stomach samples of *Pinctada imbricata radiata*.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda yaygınlaşmaya başlayan yeni ve etkili bir mikroplastik kirliliği (MP) söz konusudur. Deniz ortamında sayıca fazla bulunmaları nedeniyle doğrudan ya da dolaylı olarak besin zincirine dahil olmaları canlılar üzerinde toksik etki oluşturabilmektedir. Sucul ekosistem içerisinde özellikle midye ve istiridye gibi çift kabuklu canlıların mide veya yumuşak doku örneklerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde yaygın olan MP tipinin polietilen (PE), morfolojik şeklin ise fiber olduğu görülmüştür (Teng vd.,2019; Yozukmaz,2021). Bunun nedeninin çoğunlukla artan nüfus yoğunluğu ile kontrolsüz kentleşme sonucu evsel atık suların deniz ortamına karışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu Basra Körfezinin kuzey bölgesinde *Pinctada radiata* içerisindeki en yaygın MP türünün fiber olduğu tespit edilmiştir (Naji vd., 2017; Naji vd., 2018). İzmir Körfezi uzun yıllardır evsel atık suların denize karışması ile artan kirlilikten ve sonucunda oluşan kötü kokudan mustarıptir. Burada belirlenen 2 farklı istasyonda *Mytilus galloprovincialis* ve *Ruditapes decussatus* çift kabuklu türlerinde MP tayini yapılmış ve en yaygın bulunan şeklinin fiber olması (Yozukmaz,2021) evsel atık suların gelen sentetik kıyafet, kullanılan kozmetik ürünleri gibi birincil veya ikincil MP kaynaklarının deniz ortamında birikim yaptığını

göstermiştir. Özellikle sentetik kıyafetlerden kaynaklanan mikro fiber parçaları çoğunlukla PE tip polimerlerden oluşmaktadır. Sonuçta tek bir kıyafetin yıkanması ile yaklaşık 1,900 mikro fiber parçanın evsel atıklar ile sulara karıştığı bilinmesi (Tutuoğlu, 2019) sucul ekosistemde karşımıza yaygın olarak çıkan PE türevli fiber kalıntıları açıklamaktadır.

Aynı zamanda endüstriyel atıklar ve balıkçılık faaliyetleri için kullanılan (çuval, halat, ağ atma vb.) malzemeler deniz ortamında canlıları tehdit eden bir diğer ikincil MP kirlilik faktörüdür. Deniz ortamına karıştıktan sonra zaman içerisinde çevresel faktörler ile aşınıp mikro fiber kalıntılar haline gelmektedirler. Río de la Plata Halicinin kıyısındaki balıkçılık faaliyetlerinin yoğun bir şekilde gerçekleştirildiği bölgede bulunan çift kabuklu *Limnoperna fortunei* içerisinde en yaygın görülen MP şeklinin fiber olması (Pazos vd.,2020), çalışılan bölgenin balıkçılık faaliyetlerinin sonucunda PE tip kirliliğe maruz kaldığını göstermiştir.

Sonuç olarak, Çeşme-Ildır Kıyılarında yaptığımız bu çalışma ile *Pinctada imbricata radiata*'nın mide içeriğinde mikroplastik varlığı tespit edilmiş ve bölgenin antropojenik kirliliğe maruz kaldığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ile en fazla görülen MP morfolojisi %60 ile fiber, polimer tipi %43 ile PE (polietilen) tip olmuştur. Böylece, bölgede bulunan fiber tip mikroplastik kaynaklarına sentetik kıyafet kaynaklı ikincil tip ya da kozmetik ürünleri (diş macunu, cilt bakım ürünleri vb.) kaynaklı birincil tip evsel atıkların özellikle yaz aylarında artan turizm faaliyetleri sonucu deniz ortamına karıştığı tahmin edilmektedir. 2020 itibari ile dünyada covid-19 sürecinin hijyen ihtiyacını artırması daha fazla evsel atık oluşmasına neden olmuştur. Bu yüzden, sucul ekosistemin plastik kirliliğinden korunması için özellikle atık su arıtım tesislerinin çoğaltılması ve tesislerin doğrudan MP kirliliği ile mücadele edecek önlemler alması gerekmektedir. Aynı zamanda, bölgede balık yoğunluğunun fazla olması ile yapılan kontrolsüz balıkçılık faaliyetlerinden kaynaklanan (ağ, çuval, halat vb.) kalıntıların da fiber tip MP kirliliğine neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Andrady, A.L. (2017). The plastic in microplastics: a review. *Mar. Pollut. Bull.*, **119**(1), 12-22. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2017.01.082](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082)

Auta, H., Emenike, C. & Fauziah, S. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environ. Int.*, **102**, 165-176. DOI: [10.1016/j.envint.2017.02.013](https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013)

Barboza, L.G.A. & Gimenez, B.C.G. (2015). Microplastics in the marine environment: current

trends and future perspectives. *Mar. Pollut. Bull.*, **97** (1-2), 5-12. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2015.06.008](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.008)

Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C. & Barlaz, M (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, **364**(1526), 1985-98. DOI: [10.1098/rstb.2008.0205](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205)

Barrett, J., Chase, Z., Zhang, J., Banaszak Holl, MM., Willis, K., Williams, A., Hardesty, BD. & Wilcox, C. (2020). Microplastic pollution in deep-sea sediments from the Great Australian Bight. *Frontiers in Marine Science*, **7**, 1-10. DOI: [10.3389/fmars.2020.576170](https://doi.org/10.3389/fmars.2020.576170)

Boucher, J. & Friot D. (2017). Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. *Gland, Switzerland: IUCN*, **43**, 978-2-8317-1827-9. DOI: [10.2305/IUCN.CH.2017.01.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en)

Browne, M. A., Galloway, T. & Thompson, R. (2007). Microplastic-an emerging contaminant of potential concern?. *Integrated Environmental Assessment and Management*, **3**(4), 559-561. DOI: [10.1002/ieam.5630030412](https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412)

Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., M. Lowe, D. & Thompson, R.C. (2008). Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L.) *Environ. Sci. Technol.*, **42**, 5026-5031. <https://doi.org/10.1021/es800249a>

Cauwenberghe, V.L. & Janssen, C.R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environ. Pollut.*, **193**, 65-70. DOI: [10.1016/j.envpol.2014.06.010](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010)

Ding, J.F., Li, J.X., Sun, C.J., He, C.F., Jiang F.H., Gao, F.L. & Zheng, L. (2018). Separation and identification of microplastics in digestive system of bivalves. *Chinese J. Anal. Chem.*, **46**(5), 690-697. DOI: [10.1016/S1872-2040\(18\)61086-2](https://doi.org/10.1016/S1872-2040(18)61086-2)

Egbeocha C.O., Malek S., Emenike C.U. & Milow P. (2018). Feasting on microplastics: ingestion by and effects on marine organisms. *Aquat. Biol.*, **27**, 93-106. DOI: [10.3354/AB00701](https://doi.org/10.3354/AB00701)

Eriksen, M., Lebreton, L.C.M. & Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J. & Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G. & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS One*, **9**(12), 111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

Fendall, L.S. & Sewell, M.A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.* **58** (8), 1225-1228. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2009.04.025](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025)

Frias, J.P.G.L. & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, **138**, 145-147. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2018.11.022](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022)

Gedik, K. & Eryas, A.R. (2020). Microplastic pollution profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish

- coasts. *Chemosphere*, **260**, 127570. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2020.127570](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127570)
- GESAMP. (2016).** “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment” (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/ UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. **93**, 220 p.
- Gill, V. (2020).** Plastik kirliliği 2040'ta 1 milyar 300 milyon tona ulaşacak. Erişim Tarihi: 16.09.2021, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-53531186>
- Gündoğdu, S., Çevik, C. & Ataş, N.T. (2020).** Stuffed with microplastics: Microplastic occurrence in traditional stuffed mussels sold in the Turkish market. *Food Bioscience*, **37**, 100715. DOI: [10.1016/j.fbio.2020.100715](https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100715)
- Hartmann, N., Hüffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., Rist, S. & Karlsson, T., Brennholt, N. & Cole, M., Herrling, M. P. & Hess, M., Ivleva, N., Lusher, A. & Wagner, M. (2019).** Are we speaking the same language? recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. *Environ Sci Technol*, **53**(3), 1039-1047. DOI: [10.1021/acs.est.8b05297](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297)
- IUCN. (2018).** *Marine plastics*; IUCN (International Union for Conservation of Nature) – 28 rue Mauverney, CH-1196 Gland, Switzerland. Son Erişim: 16.09.2021, https://www.iucn.org/sites/dev/files/marine_plastics_issues_brief_final_0.pdf
- Johnston, I. (2017).** How plastic is damaging planet Earth. Son Erişim: 16.09.2021, <https://www.independent.co.uk/climate-change/news/plastic-how-planet-earth-environment-oceans-wildlife-recycling-landfill-artificial-a7972226.html>
- Kayan, A. & Küçük, A. (2020).** Plastik kirliliğın çevresel zararları ve çözüm önerileri. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **22**(2), 403-427. E-ISSN 2667-405X
- Kirstein, I.V., Kirmizi, S., Wichels, A., Garin-Fernandez, A., Erler, R., Löder, M. & Gerdt, G. (2016).** Dangerous hitchhikers Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. *Marine Environmental Research*, **120**, 1-8. DOI: [10.1016/j.marenvres.2016.07.004](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.07.004)
- Koelmans, A. (2015).** Modeling the role of microplastics in bioaccumulation of organic chemicals to marine aquatic organisms. A critical review. *Marine Anthropogenic Litter* (pp.309-324) Chapter: 11 Publisher: Springer Editors: Bergmann M, Gutow L, Klages M. DOI: [10.1007/978-3-319-16510-3_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_11)
- Koelmans, A., Gouin, T., Thompson, R., Wallace, N. & Arthur, C. (2014).** Plastics in the marine environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **33**, 5-10.
- Law, K.L. (2017).** Plastics in the marine environment. *Ann. Rev. Mar. Sci.*, **9**, 205-229. DOI: [10.1146/annurev-marine-010816-060409](https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060409)
- Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D. & Shi, H. (2016).** Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environmental Pollution*, **214**, 177-184. DOI: [10.1016/j.envpol.2016.04.012](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.012)
- MERI. (2015).** *Guide to Microplastic Identification*; Center for Environmental Studies. 55 Main Street, P.O. Box 1652 Blue Hill, ME 04614. Erişim Tarihi: 16.09.2021, https://static1.squarespace.com/static/55b29de4e4b088f33db802c6/t/56faf38459827e51fccdfc2d/1459286952520/MERI_Guide+to+Microplastic+Identification.pdf
- Naji, A., Nuri, M. & Vethaak, D.A. (2018).** Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*, **235**, 113-120. DOI: [10.1016/j.envpol.2017.12.046](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.046)
- Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S.A. & Vethaak, D.A. (2017).** The occurrence of microplastics contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **24**(25), 20459-20468. DOI: [10.1007/s11356-017-9587-z](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9587-z)
- Pazos R.S., Gomez N. & Spaccesi F. (2020).** First record of microplastics in the mussel *Limnoperna fortunei*. *Regional Studies in Marine Science*, **38**, 101360. DOI: [10.1016/j.risma.2020.101360](https://doi.org/10.1016/j.risma.2020.101360)
- Ross, P.S., Chastain, S., Vassilenko, E. & Etemadifar, A., Zimmermann, S., Quesnel, S. & Eert, J., Solomon, E. & Patankar, S., Posacka, A.M. & Williams, B. (2021).** Pervasive distribution of polyester fibres in the Arctic Ocean is driven by Atlantic inputs. *Nature Communications*, **12**(1), 106. DOI: [10.1038/s41467-020-20347-1](https://doi.org/10.1038/s41467-020-20347-1)
- Sharma, S. & Chatterjee, S. (2017).** Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(27), 21530-21547. DOI: [10.1007/s11356-017-9910-8](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8)
- Sivri, N. & Çullu, F.A. (2020).** Doğanın çözümü en zor denklemi: Denizlerdeki plastikler. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, **29**, 15-21.
- Teng, J., Wang, Q., Ran, W., Wu, D., Liu, Y., Sun, S., Liu, H., Cao, R. & Zhao, J. (2019).** Microplastic in cultured oysters from different coastal areas of China. *Sci. Total Environ*, **653**, 1282-1292. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2018.11.057](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.057)
- Thomas, M., Jon, B., Craig, S., Edward, R. & Ruth, H., John, B., Dick, V.A., Heather, L.A. & Matthew, S. (2020).** The world is your oyster: low-dose, long-term microplastic exposure of juvenile oysters. *Heliyon* **6**(1). DOI: [10.1016/j.heliyon.2019.e03103](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03103)
- Tutoğlu, N. (2019).** *Sucul Ortamdaki Mikroplastiklerin İnsan Sağlığına Etkisi ve Arıtma Yöntemlerinin*

- Araştırılması*. Tarım ve Orman Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara, Türkiye,134s.
- Vandermeersch, G., Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R., Marques, A., Granby, K., Fait, G., Kotterman, M.J.J., Diogene, J., Bekaert, K., Robbens, J. & Devriese, L. (2015)**. A critical review on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environ. Res.*, **143**, 46-55. DOI: [10.1016/j.envres.2015.07.016](https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.07.016)
- Vidal, J. (2016)**. *Microplastics should be banned in cosmetics to save oceans, British MPs say*. Erişim Tarihi: 16.09.2021, <https://www.euractiv.com/section/climate-environment/news/microplastics-should-be-banned-in-cosmetics-to-save-oceans-british-mps-say/>
- WWF. (2018)**. *WWF, Akdeniz Plastik Raporu'nu yayımladı: Akdeniz'e en çok plastik Türkiye'den*. Doğal Hayatı Koruma Vakfı, Türkiye.
- Yozukmaz, A. (2021)**. Investigation of microplastics in edible wild mussels from İzmir Bay (Aegean Sea, Western Turkey): A risk assessment for the consumers. *Marine Pollution Bulletin*, **171**, 112733. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2021.112733](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112733)
- Yurtsever, M. (2019)**. Nano- ve mikroplastik'lerin insan sağlığı ve ekosistem üzerindeki olası etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, **5(2)**, 17-24.
- Yurtsever, M. (2015)**. Mikroplastiklere genel bir bakış. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, **17(2)**, 50-69.