



Arşiv Kaynak Tarama Dergisi

Archives Medical Review Journal

DERLEME/REVIEW

Mikroplastiklerin Canlılara Etkileri

The Effect of Microplastics on Living Things

Ayper Boğa Pekmezekmek 

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziyoloji Anabilim Dalı, Adana, Turkey

ABSTRACT

Our oceans and seas have been polluted with plastics for nearly 60 years. The increase in plastic consumption all over the world, the possibility of plastics remaining in the environment for hundreds of years without decomposing, the decomposition of plastics into smaller pieces, the detection of organisms at all levels of the marine food chain, and the possibility of human exposure to microplastics through food increase the awareness on this issue day by day. With the introduction of microplastics and nanoplastics, scientists have started to work on this pollution in water, especially since 2010. The common view is that the impact of this type of pollution on the environment will increase and harm living things.

Key words: Plastics, microplastics, nanoplastics

ÖZET

Okyanus ve denizlerimiz yaklaşık 60 yıldan beri plastiklerle kirlenmektedir. Tüm dünyada plastik tüketiminin artması, plastiklerin bozunmadan yüzlerce yıl çevrede kalması, plastiklerin daha küçük parçalara ayrışması, deniz besin zincirinin tüm seviyelerindeki organizmalarda tespit edilmesi ve insanların gıda yoluyla mikroplastiklere maruz kalma olasılığı bu konudaki farkındalığı her geçen gün artırmaktadır. Mikroplastikler ve nanoplastiklerin devreye girmesiyle özellikle 2010 yılından beri bilim adamları sulardaki bu kirlilikle ilgili çalışma yapmaya başlamışlardır. Ortak görüş bu kirlilik türünün çevre üzerine etkisinin daha da büyüyeceği ve canlılara zarar vereceği şeklindedir.

Anahtar kelimeler: Plastikler, mikroplastikler, nanoplastikler

Giriş

Endüstrinin ilerlemesi ile 60 yıldan beri her alanda plastik kullanımı gittikçe artmaktadır. Mikroplastiklerle (MPs) çevre kirliliği ilk olarak 1970'lerin başında Kuzeybatı Atlantik Okyanusu'nda tespit edilmiştir¹. Bu kirliliğe yönelik endişeler 2008 yılında başladığından, mikroplastiklerin araştırılması oldukça yenidir. Plastik türlerinin çevreye, su canlılarına ve direkt ya da indirekt diğer canlılara zarar verdiği spekülasyonları endişeye sebep olmuştur. Bu endişe Çevre Koruma Ajansı EPA'ya göre bir dizi faktöre dayanmaktadır;

- Plastiklerin bozunmadan yüzlerce yıl çevrede kalması,
- Tüm dünyada plastik tüketiminin artması,
- Denize karışan plastiklerin uzun mesafelerde taşınabilmesi ve gezegendeki en uzak yerlerin bile plastik kirliliğinden etkilenmesi,
- Çevredeki plastiklerin daha küçük parçalara ayrışması, yani makro ölçekli plastiklerin mikro ölçekli plastiklere ayrışması ve bunlarında nano ölçekli plastiklere parçalanması,
- Mikroplastiklerin, deniz besin zincirinin tüm seviyelerindeki organizmalarda tespit edilmesi,
- Boyutları nedeniyle nano ölçekli plastik parçacıkların olası parçacık etkileri hakkında neredeyse hiçbir bilginin olmaması,
- İnsanların gıda yoluyla mikroplastiklere maruz kalma olasılığı²⁻³.

Tüm bu sebeplerden bilim adamları 2010 yılından itibaren konuyla ilgili daha fazla çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmaların çoğu plastiklerin su canlılarında birikimi ve elimine edilmesi ile ilgilidir⁴⁻¹³. Elde edilen



bilgiler mikroplastiklerin çevredeki organizmalar üzerine etkileri olduğunu göstermektedir. Ancak bu maddelerin etkilerini tam anlayabilmek için daha fazla çalışma yapmak gereklidir.

Plastik üretim miktarı

Yıllık plastik üretiminin yıllar içinde büyük artış gösterdiği⁷⁻¹³ ve 2020 yılında 540 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir¹⁴. Daha da endişe verici olanı ise; 2050'lerde, denizlerdeki plastik kirleticilerin miktarının balık biyokütlesini geçeceği tahminidir⁴. Geyer ve arkadaşları (2017)¹⁵ ise bu miktarı daha da yükselterek; yakın zamanda 8,3 milyar ton işlenmemiş plastik üretildiğini ileri sürüp, mevcut üretim ve atık yönetimi uygulamalarının devam etmesi halinde 2050 yılına kadar yaklaşık 12 milyar ton plastik atığın çöplüklerde ve doğal çevrede bulunacağını öngörmektedirler.

Plastiklerin sınıflandırılması

Plastiklerin bozunması (fotodegradasyon, oksidasyon, hidrolitik bozunma, biyolojik bozunma) farklı form ve boyutlarda döküntü üretir. Partiküller boyutlarına göre makro-ve ve mikro-plastikler olarak sınıflandırılır: Megaplastikler, > 50 cm; makroplastikler, 5-50 cm; mezoplastikler, 0.5-5 cm; mikroplastik parçacık boyutu: <5mm olan plastikleri ve parçacık boyutu $\leq 0.1 \mu\text{m}$ 'den küçük plastik parçacıklar ise nanoplastik olarak bilinir (NPs)^{7,16-20}.

Son yıllarda, parçacık boyutu ≤ 5 mm olan plastik partiküllerin (MPs/NPs: NMPs) küresel bir çevresel tehdit ve insan popülasyonları için sağlık tehlikesi olacağı giderek daha fazla kabul görmektedir²¹⁻³⁴.

Bu mikroplastikler iki farklı sebeple oluşur:

1. Kozmetikler, deterjanlar, güneş kremi gibi kişisel sağlık ürünleri ve ilaç vektörleri gibi plastik parçacıklar veya tozlar içeren üretilmiş ürünler,
2. Çevrede UV radyasyon, mekanik aşınma ve biyolojik bozulma yoluyla daha büyük plastik parçalarının parçalanması (ambalaj ve giysiler v.b)^{17,20}.

Plastik çeşitleri

"Plastik" terimi, 20.yüzyılın başlarında keşfedilen ve temel bileşen olarak yüksek polimer içeren herhangi bir malzemeyi ifade etmektedir. Plastikler; polimerler (polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polivinil klorür (PVC), polietilen tereftalat (PET), polikarbonat (PC), poli metil metakrilat (PMMMA), poliüretan (PU) birleşiminden v.b oluşur. Performanslarını artıran katkı maddeleri ise, stabilizatörler, alev geciktiriciler, plastikleştiriciler, dolgu maddeleri ve pigmentler olarak ayrılmaktadır²⁰.

Plastik üretiminde kullanılan en yaygın sentetik polimer türleri polivinilklorür (PVC), polietilen (PE) ve polipropilendir (PP). 2007 yılında yayınlanan rakamlar, dünya plastik üretiminin sırasıyla %19'unu PVC, %21'ini PE ve %24'ü nü ise PP'nin oluşturduğunu ortaya koymuştur²¹.

Plastiklerin etkileri

Soğukkanlı/marina Canlıları ile yapılan çalışmalar

Deniz hayvanları tarafından plastik yutulması veya bu canlıların plastiklerle sarılması nedeniyle 1990'lardan bu yana her yıl 140.000'den fazla deniz hayvanının öldüğü bildirilmiştir³⁵.

Çalışmaların birçoğu su canlılarının MP'leri biriktirmesi ve elimine edilmesi ile ilgidir. Kögel ve ark.(2020)'nın yayınladıkları bir derlemede 10 μm 'nin altındaki NMP'leri araştıran 73 yayından 66'sının, bunların su ve kıyı organizmaları üzerinde zararlı etkileri olabileceğini ve partikül boyutunun alım, tutma ve etkileri belirlemede çok önemli bir faktör olduğunu ileri sürmüşlerdir³⁶.

Bir çeşit alg olan *Scenedesmus obliquus*'a polistiren'e (PS) (~70 nm) 5 gün süreyle 0.22-103 mg/L konsantrasyonlarına maruz bırakılmışlar ve araştırmacılar üreme ve klorofil yoğunluğu açısından azalma olduğunu bulmuşlardır³⁷.

Xenopus laevis (kurbağa) iribaşları ile 2018 yapılan bir çalışmada 36.evreden-46.evreye kadar (yaklaşık 2. günden itibaren 4 gün boyunca) PS (μ Ps)'ye maruz bırakılmıştır. Çalışma iribaşların ne vücut büyümesi ne de yüzme aktivitesinin, PS (μ Ps) maruziyetinden etkilenmediğini göstermiştir. Sonuçlar, PS μ P'lerin iribaşlar tarafından vücuda alınabileceğini, ancak *X. laevis* gelişimini ve yüzme davranışını; en azından erken yaşam evrelerinde değiştirmedeğini bulmuşlardır. Çalışmada 4 günlük akut etkiye bakılmış, kronik maruziyet uygulanmamıştır³⁸.

2021'de *Xenopus laevis* le yapılan bir başka çalışmada yüksek molekül ağırlıklı Polivinil klorür (HMW-PVC) kullanılmıştır. Ergin *Xenopus*lara oogenez/spermatogenez boyunca 6 hafta HMW-PVC oral yolla verilmiştir. Süre sonunda erginlerde histopatolojik analiz yapılmıştır. Bu erginlerden elde edilen 1. jenerasyon embriyolarda Real-Time PCR ile erken gelişim döneminde etkili genlerin ekspresyonuna bakılmıştır. Erginlerde histolojik olarak karaciğer ve barsakta bir anormalilik görülmemiş; ancak embriyolarda erken gelişim döneminde önemli olan Hsp70 and Pax6 gen ekspresyon düzeyinin anlamlı olarak azaldığı tespit edilmiştir³⁹.

Yine 2022' de yayınlanan bir makaleye göre⁴⁰ COVID-19 salgını, -günlük hayatımızda tıbbi maskeler de dahil olmak üzere- tek kullanımlık plastiklerin kullanımını bir zorunluluk haline getirmiştir. Bu malzemeler uygunsuz bir şekilde bertaraf edildiklerinden, çevredeki mikroplastığın kaynağı için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Kokalaj ve ark. bunun için polipropilen tıbbi maskelerden (dış katmanı mavi olan üç katmanlı polipropilen maske) hazırlanan mikroplastiklere planktonik kabuklu *Daphnia magna* yavrularını 48 saat maruz bırakmışlar ve akut toksisiteye bakmışlardır. Sonuç olarak, akut toksisite testinde mikroplastikler daphnia yavrularında hareketsizliğe sebep olmamış ancak fiziksel etkileri olmuştur. Araştırmacılar konu ile ilgili uygun deney hayvanları ile uzun süreli çalışmalar yapılması gerektiği sonucuna varmıştır⁴⁰.

Sıcakkanlı Canlılarda Yapılan Çalışmalar

NMPs'lerden kaynaklanan bağırsak patolojisi, balıklarda geniş çapta belgelenmiştir. Farelerde yapılan mikroplastik ve nanoplastik uygulamalarında bu maddelerin barsak-damar bariyerini bozabileceğini ve dolaşım yoluyla portal venden karaciğere ulaşabileceğini göstermiştir. Karaciğer dokularında uzun süreli NMPs birikiminin kronik inflamasyona, karaciğer hastalıklarına, kronik pulmoner bozukluklara ve metabolik sorunlara yol açabildiği bildirilmiştir^{17,41-43}. Ayrıca, beyin dokularında NP'lerin varlığı, yukarıda tartışıldığı gibi bir balık modelinde gösterilmiştir. Yazarlara göre deney hayvanları ve insan beyni örneklerinde bu maddelerin kesin varlığını göstermek için çalışmalar devam etmelidir.

Bugüne kadar insanlar için NMPs'lere bağlı hücre veya doku birikimi, patoloji veya metabolik bozulma açıkça gösterilmemiştir⁴¹. Bu sebepten, NMP'lerin deneysel farelerin beyinde veya insan beyni numunelerinde bulunup bulunamayacağını kesin olarak belirlenmesi gerekir. Çünkü bugüne kadar insanlar için NMP'lere bağlı hiçbir hücre veya doku birikimi, patoloji veya metabolik bozukluk açıkça gösterilmemiştir¹⁹.

İnsan dışkısında da NMP'ler tespit edilmiştir. Numuneler, alınan miktarın önemli ölçüde büyük olduğunun bir göstergesidir⁴⁴. Yakın zamanda Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) 2019 yılı raporunda "İçme suyunda mikroplastik" olduğuna dair henüz kanıt bulunmadığını, canlılara zarar vermediğini, ancak daha fazla araştırma yapılmasını gerektiği bildirilmiştir⁴⁵.

NMP'lerin, kontamine gıda malzemelerinin tüketilmesi yoluyla insan bağırsağına ulaşması beklenmektedir. Sindirilmemiş MP'ler büyük ölçüde dışkı yoluyla atılır, ancak daha küçük NP'ler potansiyel olarak dolaşıma girebilir. Araştırmacılara göre yutulan NMP'ler önce bağırsak epiteliyle karşılaşır. Yalnızca gerçekçi olmayan yüksek konsantrasyonda plastikler veya absorbe edilmiş toksik maddeler taşıyanlar, akut bozulmaya ve bağırsak zarının iltihaplanmasına neden olabilir⁴⁶. Bununla birlikte, bağırsaktan tam temizlenmemiş NMP'lerin kalıcı varlığının etkisi henüz bilinmemektedir¹⁹.

Son araştırmaya göre (2022 yılı) nano ve mikroplastik partiküllere (NMP'ler) maruz kalmanın insan sağlığı üzerindeki etkileri ile ilgili endişe gittikçe artmaktadır. Son yıllarda konu ile ilgili araştırma raporları olmasına rağmen; NMP'lerin ekotoksikolojik etkileri ve insan sağlığı toksikolojisi çalışmaları ancak son zamanlarda ortaya çıkmıştır. Bu nedenle insan sağlığı üzerine etkileri ile ilgili veriler oldukça sınırlıdır. Sağlam, güvenilir verilerin elde edilmesi ve güçlendirilmesi için standardize testlere gereksinim vardır⁴⁷.

Sonuç

Tüm bu çalışmalar NMP'lerin gittikçe artan düzeyde çevreye yayılmış olduğunu göstermektedir. Canlıların bu plastiklere maruziyeti de yıllar içinde gittikçe artacaktır. İnsanlarda henüz hastalık veya ölüm gibi akut toksisite ve ya da uzun vadeli maruziyetin pek etkileri olmayacağı görüşü hakimse de doğa da *biyoindikatör* olarak tanımlanan *sü canlılarının*, plastikleri yutması veya plastikle sarılması nedeniyle 1990'lardan bu yana her yıl 140.000'den fazla deniz hayvanının öldüğünün belirtilmiş olması yadsınacak bir sonuç değildir. Birkaç 10 yıl içinde plastik kirleticilerin deniz canlıları kütlelerini geçebileceğini ileri süren bilim adamları da uyarılarını yapmaktadır. Sonuç olarak, ister besin zinciri yoluyla isterse diğer uzun maruziyetler sonucu birikimin, hücre ve doku seviyesinde yol açacağı olası sonuçları görmek için çok daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç olduğu açıktır.

Kaynaklar

1. Carpenter EJ, Anderson SJ, Harvey GR, Miklas HP, Peck BB. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science*.1972;178:749-750.
2. Lassen C, Hansen SF, Magnusson K, Hartmann NB, Jensen PR, Nielsen TG. Environmental protection agency (EPA). Microplastics - Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. Environmental Project No,1993). Swedish Environmental Research Institute 4 DTU Aqua Accessed:11 January 2022.
3. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Summary of expert discussion forum on possible human health risks from microplastics in the marine environment. http://www2.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/trash_free_waters_microplastics_expert_forum_meeting_summary_2-6-15.pdf. Accessed 15 January 2022.
4. Eerkes-Medrano D, Thompson RC, Aldridge DC. Microplastics infreshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Res*. 2015;75:63–82.
5. Shabbir S, Faheem M, Ali N, Kerr PG, Wang LF, Kuppusamy S, Li Y. Periphytic biofilm: an innovative approach for biodegradation of microplastics. *Sci Total Environ*. 2020;15:137064.
6. Bharath MK, Srinivasalu S, Natesan U, Ayyamperumal R, Kalam SN, Anbalagan S et al. Microplastics as anemerging threat to the freshwater ecosystems of Veeranam lake in south India: a multidimensional approach. *Chemosphere*. 2021;264:128502.
7. Wright A, Thompson RC, Galloway TS. The physical impacts ofmicroplastics on marine organisms. *Environ Pollut*. 2013;178:483-92.
8. Weis J, Andrews CJ, Dyksen JE, Ferrara RA, Gannon JT, Laumbach RJ et al. Human Health Impacts of Microplastics and Nanoplastics Prepared by the Public Health Standing Committee Approved by the NJDEP Science Advisory Board. Response to the Charge Questions regarding: Microplastics and Nanoplastics. Final report on the Public Health Standing Committee's project on microplastics, 2015.<https://www.state.nj.us/dep/sab/NJDEP-SAB-PHSC-final-2016.pdf>. Accessed 15 January 2022.
9. Lusher AL, Hollman PCH, Mendoza-Hill JJ. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence andimplications for aquatic organisms and food safety. FAO Fisheriesand Aquaculture Technical Paper No. 615. Rome Italy. 2017.
10. Smith M, Love DC, Rochman CM, Neff RA. Microplastics in seafood and the implications for human health. *Curr Environ Health Rep*. 2018;5:375–86.
11. Banaee M, Soltanian S, Sureda A, Gholamhosseini A, Haghi BN, Akhlaghi M, et al. Evaluation of single and combined effects of cadmium and micro-plastic particles on biochemical and immunological parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). *Chemosphere*. 2019; 236:124335.
12. Bhagat J, Zang L, Nishimura N, Shimada Y. Zebrafish: an emerging model to study microplastic and nanoplastic toxicity. *Sci Total Environ*. 2020; 728:138707.
13. Brandts I, Barriá C, Martins MA, Franco-Martínez L, Barreto A, Tvarijonavičiute A, et al. Waterborne exposure of gilthead seabream (*Sparus aurata*) to polymethylmethacrylate nanoplastics causes effects at cellular and molecular levels. *J Hazard Mater*. 2021;403:123590.
14. Berber AA. Genotoxic evaluation of polystyrene microplastic. *SAUJS*. 2019;23:358-67.
15. Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv*. 2017;3:e1700782.
16. Kaposi KL, Mos B, Kelaher BP, Dworjany SA. Ingestion of microplastic has limited impact on a marine larva. *Environ Sci Technol*. 2014;48:1638–45.
17. Deng Y, Zhang Y, Lemos B, Ren H. Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Sci Rep*. 2017;7:46687.
18. Banaee M, Gholamhosseini A, Sureda A, Soltanian S, Fereidouni MS, Ibrahim ATA. Effects of microplastic exposure on the blood biochemical parameters in the pond turtle (*Emys orbicularis*). *Environ Sci Pollut Res*. 2020;28:9221–34.
19. Ying Yong CQ, Valiyaveetill S and Tang BL. Review. Toxicity of Microplastics and Nanoplastics in Mammalian Systems. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:1509.
20. Hirt N and Malapel MB. Immunotoxicity and intestinal effects of nano- and microplastics: a review of the literature. *Part Fibre Toxicol*. 2020;17:57.
21. Browne MA, Galloway T, Thompson R. Microplastic-an emerging contaminant of potential concern? *Integr Environ Assess Manag*. 2007;3:559-66.

22. Barnes DKA, Galgani F, Thompson RC, Morton B. Accumulation and Fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos Trans R Soc Lond Ser B Biol Sci.* 2009;364:1985-98.
23. Hopewell J, Dvorak R, Kosior E. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philos Trans R Soc Lond Ser B Biol Sci.* 2009;364:2115-26.
24. Meeker JD, Sathyanarayana S, Swan SH. Phthalates and other additives in plastics: human exposure and associated health outcomes. *Philos Trans R Soc B.* 2009;364:2097-2113.
25. Oehlmann J, Schulte-Oehlmann U, Kloas W, Jagnytsch O, Lutz I, Kusk KO et al. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philos Trans R Soc Lond Ser B Biol Sci.* 2009;364:2047-62.
26. Ryan PG, Moore CJ, van Franeker JA, Moloney CL. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philos Trans R Soc Lond Ser B Biol Sci.* 2009;364:1999-2012.
27. Shaxson L. Structuring policy problems for plastics, the environment and human health: reflections from the UK. *Philos Trans R Soc Lond Ser B Biol Sci.* 2009;364:2141-51.
28. Song JH, Murphy RJ, Narayan R, Davies GBH. Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. *Philos Trans R Soc Lond Ser B Biol Sci.* 2009;364:2127-39.
29. Browne MA, Crump P, Nivens SJ, Teuten E, Tonkin A, Galloway T, Thompson R. Accumulation of microplastics on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ Sci Technol.* 2011;45:9175e9179.
30. Goldstein MC, Rosenberg M, Cheng L. Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect. *Biol Lett.* 2012;8:817-20.
31. Claessens M, De Meester S, Van Landuyt L, De Clerck K, Janssen CR. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Mar Pollut Bull.* 2011;62:2199e2204-2199e2204.
32. Jovanović B, Gökdağ K, Güven O, Emre Y, Whitley EM, Kideys AE. Virgin microplastics are not causing imminent harm to fish after dietary exposure. *Mar Pollut Bull.* 2018;130:123-131.
33. Jovanović B. Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. *Integr Environ Assess Manag.* 2017;13:510-15.
34. Malinich TD, Chou N, Sepulveda MS, Höök TO. No Evidence of microplastic impacts on consumption or growth of larval *Pimephales promelas*. *Environ Toxicol Chem.* 2018;37:2912-18.
35. Valeria HR, Gutow L, Thompson RC, Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science&Technology.* 2012;46:3060-75.
36. Kögel T, Bjørøy Ø, Toto B, Bienfait AM, Sanden M. Micro and nanoplastic toxicity on aquatic life: Determining factors. *Sci Total Environ.* 2020;709:136050.
37. Besseling E, Wegner A, Foekema EM, Van Den Heuvel-Greve MJ, Koelmans AA. Effects of microplastic on fitness and PCB bioaccumulation by the lugworm *Arenicola marina* (L.). *Environ Sci Technol.* 2012;47:593-600.
38. De Felice B, Bacchetta R, Santo N, Tremolada P, Parolini M. Polystyrene microplastics did not affect body growth and swimming activity in *Xenopus laevis* tadpoles. *Environ Sci Pollut Res.* 2018;25:34644-651.
39. Pekmezekmek AB, Emre M, Erdogan S, Bertan Yılmaz B, Tunc E, Yasar Sertdemir Y et al. Effects of high-molecular-weight polyvinyl chloride on *Xenopus laevis* adults and embryos: the mRNA expression profiles of *Myf5*, *Esr1*, *Bmp4*, *Pax6*, and *Hsp70* genes during early embryonic development. *Environ Sci Pollut Res.* 2021; <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16527-1>.
40. Kokalji AJ, Dolar A, Drobne D, Marinšek M, Dolenc M, Škrlep L et al. Environmental hazard of polypropylene microplastics from disposable medical masks: acute toxicity towards *Daphnia magna* and current knowledge on other polypropylene microplastics. *Microplastics and Nanoplastics.* 2022; 2:1.
41. Mattsson K, Johnson EV, Malmendal A, Linse S, Hansson LA, Cedervall T. Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain. *Sci. Rep.* 2017;7:11452.
42. Deng, Y, Zhang, Y, Qiao R, Bonilla MM, Yang, X, Ren H et al. Evidence that microplastics aggravate the toxicity of organophosphorus flame retardants in mice (*Mus musculus*). *J Hazard Mater.* 2018;357:348-54.
43. Yang YF, Chen CY, Lu TH, Liao CM. Toxicity-based toxicokinetic/toxicodynamic assessment for bioaccumulation of polystyrene microplastics in mice. *J Hazard. Mater.* 2019;366:703-13.
44. Schwabl P, Köppel S, Königshofer P, Bucsecs T, Trauner M, Reiberger, T et al. Detection of various microplastics in human stool: A prospective case series. *Ann Intern Med.* 2019; 171(7):453-457.
45. World Health Organization (WHO). Available from: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/microplastics-in-drinking-water/en. Accessed 12 January 2021.
46. Wright SL, Kelly FJ. Plastic and human health: A micro issue? *Environ Sci Technol.* 2017;51:6634-47.
47. Gouin T, Ellis-Hutchings R, Hampton LMT, Lemieux LC and Stephanie L. Wright SL. Screening and prioritization of nano- and microplastic particle toxicity studies for evaluating human health risks -development and application of a toxicity study assessment tool. *Microplastics and Nanoplastics.* 2022;2:2.

Correspondence Address / Yazışma Adresi

Ayper Pekmezekmek
 Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi
 Fizyoloji Anabilim Dalı
 Adana, Turkey
 e-mail: aypbog@cu.edu.tr

Geliş tarihi/ Received: 17.01.2022

Kabul tarihi/Accepted: 07.03.2022