



İçme Suları ve Gıdalarda Mikroplastikler

Meryem AKHAN^{1,a,✉}, Burcu ÇAKMAK SANCAR^{1,b}, Muhsin ÖZTÜRK^{2,c}, Özer ERGÜN^{2,d}

¹İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

^aORCID: 0000-0001-8065-8635; ^bORCID: 0000-0002-0737-7009; ^cORCID: 0000-0002-3076-8251; ^dORCID: 0000-0003-1675-7238

Geliş Tarihi/Received
21.06.2022

Kabul Tarihi/Accepted
02.10.2022

Yayın Tarihi/Published
31.12.2022

Öz

Dünya üzerinde kalabalık nüfuslu ve sanayileşmiş bölgelerde karasal kaynaklardan gelen çok fazla miktarda plastik çöpler bulunmaktadır. Öyle ki, bilim insanları içinde bulunduğumuz Antroposen dönemde "Plastik Çağ'a" girildiğini ifade etmişlerdir. Hava, rüzgâr ve akarsu hareketleri gibi doğal yollarla çevreye ve su kaynaklarına bulaşabilen mikro plastikler 5 mm'den küçük veya 5 mm büyüklüğünde olan suda çözünmeyen katı polimer partiküller olarak tanımlanmışlardır. Mikro plastikler büyüklüklerine göre; küçük mikro plastikler (<1 mm) ve büyük (2-5 mm) olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Birçok bilim insanı mikro plastiklerin deniz ve tatlı su ekosistemlerindeki çeşitli su ürünlerini (istiridyeler, fulmarlar, midye, deniz ve tatlı su balıkları vb.) etkilediğini bildirmişlerdir. Ayrıca deniz, göl ve kaya tuzlarında mikro plastiklerin kontaminasyon seviyesi bazı araştırmacılar tarafından 7-681 madde/kg olarak belirlenmiştir. Nano ve mikro plastikler insan besin zincirine özellikle su ürünleri ile beslenme yoluyla ve/veya inhalasyon yoluyla girebilmektedir. Bisfenol A (BPA) ve ftalatlar yutulduğunda veya solunduğunda insan sağlığına zarar verebilecek endokrin bozucular olduğu kanıtlanmıştır. Ancak mikro plastiklerin insan sağlığı üzerinde doğrudan toksik bir etkiye sahip olduğunu kesin olarak belirlemenin zor olduğu bildirilmektedir. ABD, İngiltere, Kanada ve Avustralya başta olmak üzere 2018 yılı itibarıyla de neredeyse tüm ülkelerde kozmetiklere eklenen mikro boncukların kullanılması yasaklanmıştır. Sularda mikro plastik kirliliğini önlemede; atık su arıtma tesislerine bir Ultrafiltrasyon ünitesi eklenmesinin ve çamaşır makinalarının sentetik tekstil iplikçiklerini tutacak bir üniteyle donatılmasının mikro plastik sorununu önemli bir ölçüde çözeceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastik, gıda, içme suyu, su güvenliği

Microplastics in Drinking Water and Food

Abstract

There is a large amount of plastic waste coming from land sources in densely populated and industrialized regions of the world. So that scientists have stated that the "Plastic Age" has been entered in the Anthropocene period we are in. Microplastics that can contaminate the environment and water resources naturally such as air, wind and river movements are defined as water-insoluble polymer particles smaller than 5 mm or 5 mm in size. According to their size; micro plastics are divided into two classes: small microplastics (<1 mm) and large (2-5 mm). Many scientists have reported that microplastics affect various fisheries (oysters, fulmars, mussels, marine and freshwater fish, etc.) in sea and freshwater ecosystems. In addition, the contamination level of microplastics in sea, lake and rock salts was determined by some researchers as 7-681 substances/kg nano and micro plastics can enter the human food chain, especially through aquaculture and/or inhalation. Bisphenol A (BPA) and phthalates have been proven to be endocrine disruptors that can harm human health if ingested or inhaled. However, it is reported that it is difficult to definitively determine that microplastics have a direct toxic effect on human health. The use of microbeads added to cosmetics has been banned in almost all countries as of 2018, especially in the USA, England, Canada and Australia. It is thought that adding an Ultrafiltration unit to the waste water treatment plants and equipping the washing machines with a unit to hold the synthetic textile fibers will solve the microplastics problem to a great extent.

Key Words: Microplastic, food, drinking water, water safety

GİRİŞ

Yirminci yüzyılın başlarında ilk sentetik reçinenin geliştirilmesinden bu yana, plastikler toplumda vazgeçilmez hale gelmiştir (1,2). Plastikler veya sentetik organik polimerler, polimerizasyon veya polikondensasyon işlemleriyle kömür, doğal gaz ve ham petrol gibi doğal, organik malzemelerden elde edilmektedir (3). Plastiklerin esnek, hafif, ekonomik olması, kolay işlenebilmesi, elektrik akımına karşı yalıtkan davran-

maları, birçok kimyasala dayanıklı olmaları ve kullanım kolaylığı gibi üstün özellikleri nedeniyle, yiyecek-içecek ambalajlarında, alışveriş poşetlerinde, çeşitli eşya ve malzemelerde hammadde olarak kullanılmaktadır (4-6). Plastik üretimindeki hızlı büyüme insanların ürettiği diğer malzemeleri geride bırakarak önemli bir kapasiteye ulaşmıştır (7,8). Plastik tüketim oranı ise küresel olarak son 70 yıldır katlanarak artmış, bu nedenle bilim insanları içinde bulunduğumuz Antroposen dönemde Plastik Çağ'a girildiğini ifade etmişlerdir (9-

11). Bilim insanları kullanılmış plastiklerin çok azının geri dönüştürüldüğünü, özellikle tek kullanımlık plastik malzemelerin kullanımı konusunda gerekli önlemler alınmadığı takdirde, uzun vadede dünyadaki jeolojik kayaçların plastiglo-merate olarak adlandırılan plastik tabakalardan oluşacağını belirtmişlerdir (8,10,12). Mevcut tüketim oranları devam ederse, dünyadaki plastik tüketiminin 2050 yılına kadar 33 milyar tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (13). Ülkemiz, plastik ve plastiğe dayalı ürünler üreten önemli ülkeler arasında bulunmakla birlikte, ülkemizde ve pek çok sanayileşmiş ülkede plastiğin kontrollü tüketimi, plastik ürünlerinin ve atıklarının çevreden toplanması konusunda yeterli önlemler alınmamaktadır (14). Özellikle nüfusun kalabalık olduğu ve sanayileşmiş bölgelerde, karasal kaynaklardan gelen fazla miktarda plastik çöpler bulunmaktadır (11,15,16). Bilinçsizce atılan, dökülen plastik çöpler kıyı şeridi boyunca, nehir ağzlarında birikmekte, deniz ve okyanuslara, okyanus diplerine kadar taşınmakta (17), okyanuslardaki girdap akımlarının merkezinde dev plastik çöplüğü oluşturmaktadır (8,18,19). Güncel çalışmalarda, insanların yaşamadığı adalarda, kutuplarda, dünyanın en derin yeri Mariana çukurunda bile plastik parçaları tespit edilmiştir (17,20).

Bu derleme, içme suları ve gıdalarımızda bulunabilen mikroplastiklerin olası bulaşma yolları, insan sağlığına zararlı etkileri ve korunma yöntemlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

MİKROPLASTİK NEDİR?

Mikroplastik terimi çeşitli araştırmacılar tarafından farklı tanımlanmıştır. Mikroplastikleri ilk olarak 2004 yılında Thompson ve arkadaşları 5 mm'den küçük plastik parçacıklar olarak ifade etmişlerdir (20,21). Browne ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada mikroplastiklerin deniz ortamında biriktiğini ve 1 mm'den küçük olduklarını bildirmişlerdir (22,23). Mikroplastikler, çalışmadan çalışmaya değişen, <10 mm (24), <5 mm (25,26), 2-6 mm (27), <2 mm (28) ve <1 mm (29,30,31) çapları ile tanımlanmıştır. Plastik parçaları boyutlarına göre de beş farklı kategoride değerlendirilmektedir (8). Plastiklerin boyutlarına göre 1nm-1mm arası olanları nanoplastik (32), 1mm-5 mm arası mikroplastik, 5-20 mm arası mezoplastik, 20 mm-100 mm arası makroplastik ve 100 mm'den büyük olanları ise megaplastik olarak tanımlanmaktadır (25,33). Mikroplastikler ise büyüklüklerine göre; küçük mikroplastikler (<1 mm) ve büyük mikroplastikler (2-5 mm) olmak üzere iki sınıfa ayrılarak incelenmektedir (8).

Mikroplastikler oluştukları kaynaklara göre de birincil ve ikincil mikroplastikler olmak üzere ikiye ayrılır. Birincisi el, vücut ve yüz temizleyicileri, kozmetikler, yıkama ürünlerinde kullanılan mikroboncuklar, endüstriyel ürünler için üretilen plastik peletler, makyaj, el işi, tekstil malzemelerinde kullanılan simlerdir (8,34). Ayrıca, mikroplastikler pas veya boyayı çıkarmak amacıyla endüstriyel temizlik ürünlerine eklenmektedir (1,27). İkincil mikroplastikler ise büyük plastik malzemelerden hem denizde hem de karada çeşitli etkilerle küçük plastik parçalarının oluşumunu tanımlamaktadır (1,35). Zamanla fiziksel, biyolojik ve kimyasal etkiler, plastik döküntülerin yapısal bütünlüğünü bozarak parçalanmalarına neden olabilmektedir (29,36). Plastikler biyolojik, foto, termal, me-

kanik, termo-oksidatif ve hidroliz gibi bir dizi farklı bozulmaya maruz kalabilmektedir (29,37). Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), Polipropilen (PP) ve naylon için, bozunma öncelikle UV foto-oksidasyonu, ardından termo-oksidasyon yoluyla meydana gelmekte ve bozulmuş ürünler daha sonra mikro boyutlu veya nano boyutlu olabilmektedir (1). Uzun süre güneş ışığına maruz kalan plastiklerde, güneş ışığındaki ultraviyole radyasyonu, polimer matrisinin oksidasyonuna ve bağ bölünmesine yol açmaktadır (25,29,37,38). Deniz ortamının soğuk olması, bu foto-oksidasyonu engelleyebilmekle birlikte, plajlardaki plastik kalıntılar yüksek oksijen mevcudiyetine ve doğrudan güneş ışığına maruz kaldıklarından, zamanla kırılabilir hale gelmekte, çatlaklar oluşup kırılırlar (25,37,38). Bu plastiklerin yapısal bütünlüğünün bozulmasıyla, aşınma, dalga hareketi ve türbülans kaynaklı parçalanmaya karşı giderek daha hassas hale gelirler (25,29). Plastik parçalar mikroplastik haline gelene kadar zamanla küçülerek bu süreç devam eder (5,28).

MİKROPLASTİKLERİN BULAŞMA KAYNAKLARI

Suya Bulaşma Kaynakları

Mikroplastikler hava, rüzgar ve akarsu hareketleri gibi doğal yollarla çevreye ve su kaynaklarına bulaşmakta, su kaynaklarında da akıntılar, rüzgar, dalga hareketleri ve canlılar gibi çeşitli faktörlerle taşınmaktadır (30,39,40). Farklı yollardan mikroplastiklere maruz kalan çeşitli tatlı su kaynakları insan tüketimi için kullanılmaktadır (41). Mikroplastikler, atık su arıtma tesislerinden atık deşarjıyla, aşırı yağmur yağışlarında atık su kanalizasyonlarının taşmasıyla ve tarım arazilerinden çamurdan akarak tatlı su sistemlerinin bulaşmasına neden olmaktadır (36,42). Okyanuslardaki mikroplastiklerin yaklaşık %80'inin kara kökenli kaynaklardan, %18'inin de su ürünleri yetiştiriciliği veya balıkçılık endüstrilerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (1,37). Fırtınalar ve aşırı hava olayları da mikroplastiklerin karadan su kütlelerine hareketini şiddetlendirebilir (1). Mevcut atık su arıtma tesislerinin çoğu, mikroplastikleri tamamen gidermek için tasarlanmamıştır (5).

Su kaynakları, bitkiler, kara ve su hayvanlarının mikroplastiklere maruz kalmasının nedenlerinden biri, çamaşırlar yıkanırken giysilerin ve yıkamada kullanılan deterjanların yapısındaki plastik lifler ve parçacıkların atık sulara karışmasıdır (14,22). Sentetik tekstilde, pamuk, yün ve keteni desteklemek için elyaflar; polyester, akrilik gibi kumaşlar ise kıyafetlerde, halılarda, döşemelerde vb. yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle giysilerin yıkanması da mikroplastik kaynağı olarak önemli bir potansiyel risktir (22). Browne ve ark. (22) yaptığı çalışmada, evsel çamaşır makinelerinin atık su örnekleri incelenmiş, tek bir giysinin her bir yıkamada yaklaşık 1900 mikroplastik lif üretebildiği tespit edilmiştir. Napper ve ark. (43) yüz peelingleri ile ilgili çalışmasında, ürünlerin kullanımına başına 4.594 ile 94.500 arasında mikroboncuğun (164-327 µm çapında) atık su akışına salınabileceği bildirilmiştir. Mintenig ve ark. (44) 2016 yılında yaptıkları çalışmada; Almanya'daki 12 atık su arıtma tesisinin deşarj noktalarından su örnekleri alıp, mikroplastik miktarları yönünden analiz yapmışlardır. Sonuç olarak, 12 tesisin 10'unda mikroplastik

parçaların boyutlarının 500 µm'den büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Kosuth ve ark. (45) yaptıkları çalışmada küresel kaynaklı 159 musluk suyu örneğinde antropojenik parçacıkların varlığını araştırmışlar, analiz edilen musluk suyu numunelerinin %81'inin antropojenik partiküller içerdiği bulunmuştur. Bu parçacıkların %98.3'ünün 0.1-5 mm uzunluğunda lifler olduğu saptanmıştır. Çalışmada ortalama partikül sayısı 5.45 partikül/L tespit edilmiştir. Schymanski ve ark. (46) 2018 yılında Almanya'da yaptıkları çalışmada, marketlerden temin edilen 22 farklı depozitolu ve tek kullanımlık plastik şişe, 3 meşrubat kartonu ve 9 cam şişe suyun mikroplastik içeriğini analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, ortalama mikroplastik içerikleri, iade edilebilir şişelerde 118±88 partikül/L, tek kullanımlık plastik şişelerde 14±14 partikül/L ve içecek kartonlarında 11±8 partikül/L tespit edilmiştir. Varsayımların aksine cam şişe sularında yüksek miktarda, ortalama 50±52 partikül/L plastik partikül bulunmuştur. İade edilebilir plastik şişe sularındaki parçacıkların çoğunun polyster (birincil polietilen tereftalat PET; %84) ve polipropilenden (PP; %7) oluştuğu belirlenmiştir. Şişeler PET'ten ve kapaklar PP'den yapıldığı için bu sonuç şaşırtıcı değildir. Tek kullanımlık plastik şişelerdeki suda, birkaç mikro-PET partikülü bulunmuştur. İçecek kartonları ve cam şişelerdeki sularda, örneğin polietilen veya poliolefinler gibi PET dışında mikroplastik parçacıklar bulunmuştur. Bu durumu araştırmacılar, içecek kartonlarının polietilen folyolarla kaplanması ve kapakların yağlayıcı maddelerle işlenmesiyle açıklamışlardır.

Gıdalara Bulaşma Kaynakları

Birçok bilim insanı mikroplastiklerin deniz ve tatlı su ekosistemlerindeki çeşitli su ürünlerini (istiridyeler, fulmarlar, midye, deniz ve tatlı su balıkları vb.) etkilediğini bildirmişlerdir (47-51). Sofra tuzu üretmek için denizlerden veya göllerden çekilen su, mikroplastikler, organik maddeler ve kum parçacıkları içerebilmektedir (52). Sofra tuzları sadece sucul kaynaklardan gelen mikroplastiklerle değil, imalat işlemleri sırasında havadan ve diğer yollarla bulaşan mikroplastiklerle de kirlenme olasılığı yüksektir (52-54). Atmosferde kesinlikle mikroplastik bulunmakla birlikte, dolaşan mikroplastik miktarı büyük farklılık gösterebilmektedir (55). Yang ve ark. (52) 2015 yılında yaptığı çalışmada, Çin pazarında satılan deniz, göl ve kaya tuzlarını incelenmiş ve mikroplastiklerin kontaminasyon seviyesini 7-681 madde/kg tespit etmişlerdir. Iniguez ve ark. (56) İspanya'da 21 farklı ticari sofrata tuzu örneğini analiz etmiş ve 50-280 madde/kg bulunduğunu bildirmişlerdir. Karami ve ark. (57) sadece deniz tuzlarını incelemiş ve mikroplastiklerin kontaminasyon seviyesini 1-10 madde/kg olarak tespit etmişlerdir. Gündoğdu'nun (54) yaptığı çalışmada, Türkiye pazarından 16 marka sofrata tuzunun mikroplastik içeriği incelenmiş, elde edilen sonuçlara göre, deniz tuzu içinde 16-84 madde/kg, göl tuzu içinde 8-102 madde/kg ve kaya tuzu içinde 9-16 madde/kg mikroplastik tespit edilmiştir. En yaygın plastik polimerler olarak, polietilen (%22.9) ve polipropilen (%19.2) bulunmuştur. Günde 14.8-18.01 g/gün olan Türkiye'de tuz tüketimi hem Avrupa hem de dünya ortalamasından oldukça yüksektir (58,59). Türk tüketiciler tarafından yılda tüketilen mikroplastik miktarı, tuz miktarı birlikte düşünüldüğünde, deniz tuzu, göl tuzu veya kaya tuzu tüketmeleri halinde, sırasıyla yılda 249-302, 203-247 veya 64-78 madde

tüketmektedirler (54). Mikroplastikler, çok çeşitli deniz organizmaları tarafından farklı şekillerde vücutlarına alınabilir (60,61). Deniz canlıları bazen mikroplastikleri avla karıştırdıkları için yutabilir, ancak pasif su filtrasyonu ve çamurla beslenme aktivitesi yoluyla alım da meydana gelir (62). Plastik döküntülerin varlığı, insan tüketimi için satılan deniz ürünlerinde ve ayrıca pazarlardan satın alınan balık ve kabuklu deniz hayvanlarında da tespit edilmiştir (63-65). Baalkhuyur ve ark. (66) yaptıkları çalışmada 26 türe ait 178 balık örneğinin gastrointestinal sistem içeriğini incelemiş, örneklerin %26'sında boyutları ortalama 2.39±0.28 mm olan mikroplastik parça bulmuşlardır. Zhang ve ark. (67) yaptıkları çalışmada Doğu Çin Denizi açıklarındaki Zhoushan balıkçılık alanında avlanan 11 yabancı balık türünde (193 adet) ve 8 yabancı kabuklu deniz hayvanı türünde (136 adet) mikroplastik kirliliğini araştırmışlardır. Mikroplastik sayıları ortalama, solungaçlarda 0.77±1.25 madde/adet ve gastrointestinal sistemde 0.52±0.90 madde/adet tespit edilmiştir. Mikroplastikler konserve sardalya ve sprats (68), bal ve şekerde (69) bulunmuştur. Kutralam-Muniasamy ve ark. (70) 2020 yılında yaptığı çalışmada Meksika'da satışa sunulan 5 uluslararası ve 3 ulusal markadan toplam 23 süt örneği (22 yetişkin ve 1 çocuk) toplanmış ve mikroplastik varlığı için analiz yapılmıştır. Ortalama mikroplastik konsantrasyonu 3-11 partikül/L tespit edilmiştir. Gündoğdu ve ark. (71) 2020 yılında yaptığı çalışmada 5 farklı satıcıdan temin edilen 317 midye dolma örneğinde ortalama 0.6±0.1 mikroplastik/midye saptanmıştır. Bu nedenle, gıda maddelerindeki mikroplastiklerin yutulması ve çoklu mikroplastik kaynaklara uzun süreli maruz kalma ile ilişkili insan sağlığı ile ilgili riskler endişe oluşturmaktadır (61,68).

MİKROPLASTİKLERİN SAĞLIĞA ZARARLI ETKİLERİ

Mikroplastiklere çok sayıda organizmanın maruz kaldığı, bu maruz kalmanın çeşitli etkilere neden olabileceği ve birçok farklı türün bireylerini, içinde yaşadıkları ekosistemleri ve nihayetinde insanları tehdit edebileceği de inkar edilemez (72). Nano ve mikroplastikler inhalasyon yoluyla ve su ürünleri ile beslenmeyle insan besin zincirine girebilir (73). Mikroplastiklerin kendi kimyasal bileşimleri nedeniyle, adsorbe edilmiş kalıcı organik kirleticiyi (KOK) serbest bırakma potansiyeli ve bisfenol A vb. tehlikeleri mevcuttur (56). Ev ürünleri ve gıda ambalajları yapmak için kullanılan bisfenol A (BPA), fitalatlar ve bazı bromlu alev geciktiricilerin, yutulduğunda veya solunduğunda insan sağlığına zarar verebilecek endokrin bozucular olduğu kanıtlanmıştır (74). Van Cauwenberghe ve Janssen (75) 2014 yılında yaptığı çalışmada, deniz ürünlerinde mikroplastiklerin varlığı, gıda güvenliği için bir tehdit oluşturabilir; gıda maddelerinde (henüz) mümkün değildir. Mikroplastiklerin ortalama %4 katkı maddesi içerdiği ve organik ve inorganik kirletici maddeleri emebileceği bulunmuştur (76). Mikroplastik tüketimini insan sağlığıyla ilişkilendiren kesin kanıtlar şu an yeterli değildir. Bununla birlikte, hayvan ve hücre kültürü deneylerinde yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, yüksek konsantrasyonlarda mikroplastiklere maruz kalan insanlarda mikroplastik etkilerinin bağışıklığı, stres tepkilerini, üreme ve gelişmeyi etkilediğini düşündürmektedir (77). Bu yeni kirleticinin çevremizdeki olası etkilerini araştırmak için daha titiz klinik çalışmalara ve daha fazla

araştırmaya ihtiyaç vardır (77). Stock ve ark. (78) 2019 yılında yaptığı çalışmada, mikroplastik parçacıklarının in vitro olarak insan hücrelerine ve in vivo olarak kemirgenlere geçişini araştırmışlardır. Sonuç olarak seçilen deneysel koşullarda 1µm, 4µm ve 10µm büyüklüğündeki mikroplastiklere maruz kalmanın memeliler için akut sağlık risklerine neden olmadıklarını bildirmişlerdir. Hesler ve ark. (79) yaptığı çalışmada, 50nm ve 0.5µm polistiren nanoplastik ve mikroplastik partiküllerin farklı biyolojik modellerde in vitro taşınmasını ve etkilerini araştırmıştır. Akut toksisite ve partiküllerin potansiyel translokasyonunu, gelişmiş in vitro kültür modelleri kullanılarak insan bağırsak ve plasenta bariyerinde incelenmiştir. Sonuç olarak polistirenin nano ve mikro partikül boyutlarında akut olarak toksik etki oluşturmadığını, bağırsak ve plasenta bariyeri boyunca taşınma olmadığını, ancak nano ve mikropartiküllerin hücre alımı ve hücre içi birikimini belirlemişlerdir. Mikroplastik parçacıkların civa ve kurşun gibi ağır metaller içermesi durumunda tehlikenin sadece mikroplastik içeriği ile sınırlı kalmayacağı, ayrıca tüketicilerin tek bir kaynaktan değil birçok kaynaktan mikroplastik partiküllere maruz kaldığını ve bu durumun halk sağlığı için potansiyel bir risk oluşturduğu düşünülmektedir (68,80).

KORUNMA YÖNTEMLERİ VE ÖNERİLER

Bilim insanlarının mikroplastiklerle ilgili artan endişelerine yanıt olarak, Hollanda, Avusturya, Lüksemburg, Belçika ve İsveç, Avrupa Birliği Çevre Bakanlarına kişisel bakım ürünlerinde mikroplastik yasağı çağrısında bulunan ortak bir bildiri yayınlamışlardır. Yüz temizleme, peeling jelleri, şampuanlar, diş macunları, sabunlar, deodorant, eyeliner, rimel, dudak parlaticısı gibi kozmetikler mikroboncuk içeren ve fazla tüketilen maddelerdir (8). 2017 yılında Amerika Birleşik Devletleri plastik mikroboncukların üretimini yasaklamış, 2018 yılı itibarıyla İngiltere, Kanada ve neredeyse tüm ülkelerde mikroboncukların kozmetiklere eklenmesi yasaklanmıştır (81).

Plastik ürünler üreten, faaliyetlerinde plastik malzeme ve ürünlerin kullanılmasıyla atık oluşturan oteller, hastaneler, havaalanları, restoranlar vb. işletmelerin ve atık toplama, geri dönüşüm gibi topluma hizmet eden, temel sosyal hizmetler sağlayan devlet kuruluşları olan belediyelerin plastik ayak izleri ölçülmeli, plastik atıklarını yönetmeleri ve azaltmaları sağlanmalıdır (71).

Mikroplastik tehlikesinin türleri ve büyüklüğünün karakterizasyonu, bu parçacıkların emilimi, dağılımı ve ortadan kaldırılması, toksik etki mekanizmaları, doz cevap ilişkisi detaylı olarak anlaşılmalıdır. Halk sağlığı için mikroplastiklerin hem miktar hem de partikül büyüklüğü bilgisini içeren maruz kalma konsantrasyonları, tehlike verileri ve risk karakterizasyonunun yapılması gerekmektedir (41).

Sularda mikroplastik kirliliğini önlemede; kanalizasyona gelen mikroplastiklerin daha kaynağında azaltılmasının, çamaşır makinalarının sentetik tekstil iplikçiklerini tutacak bir üniteyle donatılmasının ve klasik arıtma yapan atıksu arıtma tesislerine bir Ultrafiltrasyon ünitesi eklenmesinin bu sorunu önemli bir ölçüde çözeceği düşünülmektedir (4).

SONUÇ

Su ekosistemlerinin ve karaların mikroplastiklerle kirlenmesi sadece çevre sorunu değil, gıda güvenliği ve tüketici sağlığı açısından da büyük tehlike oluşturmaktadır. Halk sağlığının korunması için çeşitli gıda maddelerinin mikroplastik içeriği yönünden etkin araştırılması, değerlendirilmesi, kontaminasyon kaynaklarının tespit edilmesi gerekmektedir. Mikroplastik sorununu önlemek ve çözümlenmek için gerekli önleyici tedbirlerin ve kontrollerin alınmasının yanında güvenilir analiz yöntemlerinin geliştirilmesi de önde gelen önemli tedbirler olarak sıralanabilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Makale daha önce yayımlanmamıştır ve başka bir dergide yayınlanmak üzere değerlendirilmemektedir. Makale tüm yazarlar tarafından okunmuş ve onaylanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Cole M, Lindeque P, Halsband C et al. (2011). Microplastics as Contaminants in the Marine Environment: A Review. *Mar Pollut Bull.* 62: 2588-2597.
2. Sivan A. (2011). New Perspectives in Plastic Biodegradation. *Curr Opin Biotechnol.* 22: 422-426.
3. Phuong NN, Zalouk-Vergnoux A, Poirier L et al. (2016). Is There any Consistency Between the Microplastics Found in the Field and Those Used in Laboratory Experiments? *Environ Pollut.* 211: 111-123.
4. Yurtsever M. (2015). Mikroplastiklere Genel Bir Bakış. *DEÜ FMD.* 17(50): 68-83.
5. Fendall YS, Sewell MA. (2009). Contributing to Marine Pollution by Washing Your Face: Microplastics in Facial Cleansers. *Mar Pollut Bull.* 58(2009): 1225-1228.
6. Koelmans AA, Bakir A, Burton GA, Janssen CR. (2016). Microplastic as a Vector for Chemicals in the Aquatic Environment: Critical Review and Model-Supported Reinterpretation of Empirical Studies. *Environ Sci & Technol.* 50(7): 3315-3326.
7. Geyer R, Jambeck JR, Law KL. (2017). Production, Use, and Fate of All Plastics ever Made. *Sci Advances.* 3(7): e1700782.
8. Yurtsever M. (2018a). Çevre, Bilim ve Teknoloji. (İçinde): Küresel Plastik Kirliliği, Nano Mikroplastik Tehlikesi ve Sürdürülebilirlik. Eker AA, Türkdoğan Fİ, İskender FG, ve ark. (editörler). Baskı 1. s. 171-197. Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları, İstanbul, Türkiye.
9. Waters CN, Zalasiewicz J, Summerhayes C et al. (2016). The Anthropocene is Functionally and Stratigraphically Distinct from the Holocene. *Science.* 8: 351(6269), aad2622.
10. Zalasiewicz J, Waters CN, do Sul JAI et al. (2016). The Geological Cycle of Plastics and Their Use as a Stratigraphic Indicator of the Anthropocene. *Anthropocene.* 13: 4-17.
11. Yurtsever M. (2018b). Abiyotik Bir Su Ürünü Olan Sofra Tuzunda Mikroplastik Kirliliği Tehlikesi. *EgeJFAS.* 35(3): 243-249.
12. Corcoran PL, Moore CJ, Jazvac K. (2014). An Anthropogenic Marker Horizon in the Future Rock Record. *GSA Today.* 24(6): 4-8.
13. Rochman CM, Browne MA, Halpern BS et al. (2013). Classify Plastic Waste as Hazardous. *Nature.* 494(7436): 169-171

14. Aslan R. (2018). Mikroplastikler: Hayatı Kuşatan Yeni Tehlike. Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi. 6(66): 61-67.
15. Klein S, Worch E, Knepper TP. (2015). Occurrence and Spatial Distribution of Microplastics in River Shore Sediments of the Rhine-Main Area in Germany. *Environ Sci & Technol.* 49(10): 6070-6076.
16. Duis K, Coors A. (2016). Microplastics in the Aquatic and Terrestrial Environment: Sources (With a Specific Focus on Personal Care Products), Fate And Effects. *Environ Sci Eur.* 28(1): 2.
17. Peng X, Chen M, Chen S et al. (2018). Microplastics Contaminate the Deepest Part of the World's Ocean. *Geochem Persp Lett.* 9: 1-5.
18. Eriksen M, Lebreton LCM, Carson HS et al. (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): e111913.
19. Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C et al. (2015). Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean. *Science.* 347(6223): 768-771.
20. Yurtsever M. (2019). Nano- ve Mikroplastik'lerin İnsan Sağlığı ve Ekosistem Üzerindeki Olası Etkileri. *Menba Kastamonu Üniv Su Ürünleri Fak Derg.* 5(2): 17-24.
21. Thompson RC, Olsen Y, Mitchell RP et al. (2004). Lost at Sea: Where is all the Plastic?. *Science.* 304(5672): 838-838.
22. Browne MA, Crump P, Niven SJ et al. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environ Sci & Technol.* 45(21): 9175-9179.
23. Kanlı İB, Kurt Y. (2019). Türkiye'nin Çevre Politikaları Kapsamında Mikroplastik Kirlilik Üzerine Bir Değerlendirme, 2nd International Congress on New Horizons in Education and Social Sciences (ICES-2019) Proceedings, June 18-19, Istanbul-Turkey.
24. Graham ER, Thompson JT. (2009). Deposit- and Suspension-Feeding Sea Cucumbers (Echinodermata) Ingest Plastic Fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 368: 22-29.
25. Barnes DKA, Galgani F, Thompson RC et al. (2009). Accumulation and Fragmentation of Plastic Debris in Global Environments. *Philos Trans R Soc B: Biological Sciences.* 364(1526): 1985-1998.
26. Betts K. (2008). Why Small Plastic Particles May Pose a Big Problem in The Oceans. *Environ Sci & Technol.* 42(8): 8995.
27. Derraik JGB. (2002). The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: A Review. *Mar Pollut Bull.* 44: 842-852.
28. Ryan PG, Moore CJ, Van Franeker JA et al. (2009). Monitoring the Abundance of Plastic Debris in the Marine Environment. *Philos Trans R Soc B: Biological Sciences.* 364(1526): 1999-2012.
29. Browne MA, Galloway T, Thompson R. (2007). Microplastic – An Emerging Contaminant of Potential Concern? *IEAM.* 3(4): 559-561.
30. Browne MA, Galloway TS, Thompson RC. (2010). Spatial Patterns of Plastic Debris Along Estuarine Shorelines. *Environ Sci & Technol.* 44(9): 3404-3409.
31. Claessens M, Meester SD, Landuyt LV et al. (2011). Occurrence and Distribution of Microplastics in Marine Sediments along the Belgian Coast. *Mar Pollut Bull.* 62(10): 2199-2204.
32. Costa JP, Santos PS, Duarte AC et al. (2016). (Nano) Plastics in the Environment—Sources, Fates and Effects. *Sci T Environ.* 566: 15-26.
33. Bråte ILN, Eidsvoll DP, Steindal CC, et al. (2016). Plastic Ingestion by Atlantic Cod (*Gadus Morhua*) from the Norwegian Coast. *Mar Pollut Bull.* 112(1-2): 105-110
34. Auta HS, Emenike CU, Fauziab SH. (2017). Show more Distribution and Importance of Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Sources, Fate, Effects, and Potential Solutions. *Environ Int.* 102: 165-176.
35. Rainieri S, Barranco A. (2018). Microplastics, a Food Safety Issue? *Trends in Food Sci & Technol.* 84: 55-57.
36. Anderson JC, Park BJ, Palace VP. (2016). Microplastics in Aquatic Environments: Implications for Canadian Ecosystems. *Environ Pollut.* 218: 269-280.
37. Andrady AL. (2011). Microplastics in the Marine Environment. *Mar Pollut Bull.* 62: 1596-1605.
38. Moore CJ. (2008). Synthetic Polymers in the Marine Environment: A Rapidly Increasing, Long-Term Threat. *Environ Resarch.* 108: 131-139.
39. Iwasaki S, Isobe A, Kako SI et al. (2017). Fate of Microplastics and Mesoplastics Carried by Surface Currents and Wind Waves: A Numerical Model Approach in the Sea Of Japan. *Mar Pollut Bull.* 121(1-2): 85-96.
40. Kooi M, Nes EHV, Scheffer M et al. (2017). Ups and Downs in the Ocean: Effects of Biofouling on Vertical Transport of Microplastics. *Environ Sci Technol.* 51(14): 7963-7971.
41. Eerkes-Medrano D, Leslie HA, Quinn B. (2019). Microplastics in Drinking Water: A Review and Assessment. *Curr Opin Environ Sci & Health.* 7: 69-75.
42. Eriksen M, Mason S, Wilson S, et al. (2013). Microplastic Pollution in the Surface Waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar Pollut Bull.* 77: 177-182.
43. Napper IE, Bakir A, Rowland SJ, et al. (2015). Characterisation, Quantity and Sorptive Properties of Microplastics Extracted From Cosmetics. *Mar Pollut Bull.* 99(1): 178-185.
44. Mintenig SM, Int-Veen I, Löder MGJ et al. (2017). Identification of Microplastic in Effluents of Wastewater Treatment Plants Using Focal Plane Array-Based Micro-Fourier-Transform Infrared Imaging. *Water Res.* 108: 365-72.
45. Kosuth M, Mason SA, Wattenberg EV. (2018). Anthropogenic Contamination of Tap Water, Beer, and Sea Salt. *PLoS one,* 13(4): 1-18.
46. Schymanski D, Goldbeck C, Humpf HU et al. (2018). Analysis of Microplastics in Water by Micro-Raman Spectroscopy: Release of Plastic Particles from Different Packaging into Mineral Water. *Water Res.* 129: 154-162.
47. De Witte B, Devriese L, Bekaert K et al. (2014). Quality Assessment of the Blue Mussel (*Mytilus Edulis*): Comparison Between Commercial and Wild Types. *Mar Pollut Bull.* 85: 146-155.
48. Davidson K, Dudas SE. (2016). Microplastic Ingestion by Wild and Cultured Manila Clams (*Venerupis Philippinarum*) from Baynes Sound, British Columbia. *Arch Environ Contam Toxicol.* 71: 147-156.
49. Grigorakis S, Mason SA, Drouillard KG. (2017). Determination of the Gut Retention of Plastic Microbeads and Microfibers in Goldfish (*Carassius Auratus*). *Chemosphere.* 169: 233-238.
50. Petry MV, Benemann VR. (2017). Ingestion of Marine Debris by the White-Chinned Petrel (*Procellaria Aequinoctialis*): Is it Increasing over Time off Southern Brazil? *Mar Pollut Bull.* 15;117(1-2): 131-135.

51. Terepocki AK, Brush AT, Kleine LU et al. (2017). Size and Dynamics of Microplastic in Gastrointestinal Tracts of Northern Fulmars (*Fulmarus Glacialis*) and Sooty Shearwaters (*Ardenna Grisea*). *Mar Pollut Bull.* 116(1-2): 143-150.
52. Yang DQ, Shi HH, Li L et al. (2015). Microplastic Pollution in Table Salts From China. *Environ Sci Technol.* 49: 13622-13627.
53. Soylak M, Yılmaz S. (2006). Heavy Metal Levels in Sediment Samples from Lake Palas, Kayseri-Turkey. *Fresen Environ Bull.* 15: 340-344.
54. Gündoğdu S. (2018). Contamination of Table Salts from Turkey with Microplastics, Food Additives & Contaminants: Part A. 35(5): 1006-1014.
55. Yurtsever M, Ünlü YS, Yılmaz M ve ark. (2017). İç Ve Dış Ortam Havasındaki Mikroplastikler'in İncelenmesi: Bir Kampüs Örneği. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 19-22 Nisan İzmir, Türkiye.
56. Iniguez ME, Conesa JA, Fullana A. (2017). Microplastics in Spanish Table Salt. *Scientific Reports.* 7(1): 8620.
57. Karami A, Golieskardi A, Choo CK et al. (2017). The Presence of Microplastics in Commercial Salts from Different Countries. *Scientific Reports.* 7: 46173.
58. Erdem Y, Arici M, Altun B et al. (2010). The Relationship Between Hypertension and Salt Intake in Turkish Population: SALTURK Study. *Blood Pressure.* 19: 313-318.
59. Erkoyun E, Sozmen K, Bennett K et al. (2016). Predicting the Health Impact of Lowering Salt Consumption in Turkey Using the DYNAMO Health Impact Assessment Tool. *Public Health.* 140: 228-234.
60. Foley CJ, Feiner Z., Malinich TD et al. (2018). A Meta-Analysis of the Effects of Exposure to Microplastics on Fish and Aquatic Invertebrates. *Sci T Environ.* 631-632: 550-559.
61. Barboza LGA, Vethaak AD, Lavorante BRBO et al. (2018). Marine Microplastic Debris: An Emerging Issue for Food Security, Food Safety and Human Health. *Mar Pollut Bull.* 133: 336-348.
62. Naji A, Nuri M, Vethaak AD. (2018). Microplastics Contamination in Molluscs from the Northern Part of the Persian Gulf. *Environ Pollut.* 235: 113-120.
63. Li J, Yang D, Li L et al. (2015). Microplastics in Commercial Bivalves from China. *Environ Pollut.* 207: 190-195.
64. Neves D, Sobral P, Ferreira JL et al. (2015). Ingestion of Microplastics by Commercial Fish off the Portuguese Coast. *Mar Pollut Bull.* 101(1): 119-126.
65. Doyle D, Gammell M, Frias J et al. (2019). Low Levels of Microplastics Recorded from the Common Periwinkle, *Littorina Littorea* on the West Coast of Ireland. *Mar Pollut Bull.* 149: 110645.
66. Baalkhuyur FM, Dohaish EJAB, Elhalwagy ME et al. (2018). Microplastic in the Gastrointestinal Tract of Fishes along the Saudi Arabian Red Sea Coast. *Mar Pollut Bull.* 131: 407-415.
67. Zhang F, Wang X, Xu J et al. (2019). Food-Web Transfer of Microplastics Between Wild Caught Fish and Crustaceans in East China Sea. *Mar Pollut Bull.* 146: 173-182.
68. Karami A, Golieskardi A, Keong Choo C et al. (2018). Microplastic and Mesoplastic Contamination in Canned Sardines and Sprats. *Sci T Environ.* 612: 1380-1386.
69. Liebezeit G, Liebezeit E. (2013). Non-Pollen Particulates in Honey and Sugar. *Food Addit Contam: Part A.* 30(12): 2136-2140.
70. Kutralam-Muniasamy G, Pérez-Guevara F, Elizalde-Martínez I et al. (2020). Branded Milks—Are They Immune from Microplastics Contamination? *Sci T Environ.* 714: 136823.
71. Gündoğdu S, Çevik C, Atas NT. (2020). Stuffed with Microplastics: Microplastic Occurrence in Traditional Stuffed Mussels Sold in the Turkish Market. *Food Biosci.* 37: 1-9.
72. De Sá LC, Oliveira M, Ribeiro F et al. (2018). Studies of the Effects of Microplastics on Aquatic Organisms: What Do We Know and Where Should We Focus our Efforts in the Future? *Sci T Environ.* 645: 1029-1039.
73. Waring RH, Harris RM, Mitchell SC. (2018). Plastic Contamination of the Food Chain: A Threat to Human Health? *Maturitas.* 115: 64-68.
74. Cingotti N, Jensen GK. (2019). Health and Environment Alliance (HEAL). Food Contact Materials and Chemical Contamination; Health and Environment Alliance: Brussels, Belgium.
75. Van Cauwenberghe L, Janssen C. (2014). Microplastics in Bivalves Cultured for Human Consumption. *Environ Pollut.* 193: 65-70.
76. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (EFSA Contam Panel). (2016). Statement on the Presence of Microplastics and Nanoplastics in Food, with Particular Focus on Seafood. *EFSA Journal.* 14: 4501.
77. Blackburn K, Green D. (2022). The Potential Effects of Microplastics on Human Health: What is Known and What is Unknown. *Ambio.* 51: 518-530.
78. Stock V, Fahrenson C, Thuenemann A et al. (2020). Impact of Artificial Digestion on the Sizes and Shapes of Microplastic Particles. *Food Chem Toxicol.* 135: 111010.
79. Hesler M, Aengenheister L, Ellinger B et al. (2019). Multi-Endpoint Toxicological Assessment of Polystyrene Nano- and Microparticles in Different Biological Models in Vitro. *Toxicol in Vitro.* 61: 104610.
80. Akçay S, Törnük F, Yetim H. (2020). Mikroplastikler: Gıdalarda Bulunuşu ve Sağlık Üzerine Etkileri. *EJOSAT.* 20: 530-538.
81. Wu WM, Yang J, Criddle CS. (2017). Microplastics Pollution and Reduction Strategies. *Front Environ Sci Eng.* 11(1): 1-4.

✉ Sorumlu Yazar:

Meryem AKHAN

İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

E-posta: meryemakhan@esenyurt.edu.tr