

GASTRONOMİ ALANINDA TEMEL BAZI BESİNLERDE MİKROPLASTİK TEHLİKESİ VE GIDA GÜVENLİĞİ

Yusuf YİĞİT*

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Otel Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü/Aşçılık, Muğla, Türkiye

Geliş / Received 22.02.2025; Kabul / Accepted: 25.06.2025; Online baskı / Published online: 14.07.2025

Yiğit, Y. (2025). Gastronomi alanında temel bazı besinlerde mikroplastik tehlikesi ve gıda güvenliği. GIDA (2025) 50 (4) 556-576 doi: 10.15237/ gida.GD25028

Yiğit, Y. (2025). *Some basic foods in gastronomy microplastic hazard and food safety*. GIDA (2025) 50 (4) 556-576 doi: 10.15237/ gida.GD25028

ÖZ

Son yıllarda tüm dünyada meydana gelen ekonomik sıkıntıların artması, özellikle besin ürünlerinin hazırlanması, dağıtımı ve tüketimi aşamalarında plastik kullanımının da hızla yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Diğer taraftan pandemi döneminde yoğun şekilde maske kullanımı, denizlerdeki ve doğal çevredeki plastik atıkların sayısındaki kontrolsüz artışı tetiklemiştir. Özellikle boyutları gözle fark edilemeyecek kadar küçük (<5 mm çap) olan plastik parçacıklar mikroplastik (MP) olarak isimlendirilir. MP'ler ise nispeten daha büyük yapıdaki plastiklere göre ekosistem ve canlılar için daha ciddi sağlık sorunları yaratmaktadır. Özellikle solunum sistemi yoluyla ve yemeklerin hazırlanmasında kullanılan temel besinlerle taşınan plastikler, canlı organizmalarda farklı sağlık sorunlarının oluşmasında etkilidir. Gastronomi alanında yemek üretiminde kullanılan su, şeker, bal, tuz ve deniz ürünleri gibi birçok besin maddesinde MP'lere rastlanılmaktadır. Yemek üretim sektöründe sadece ürün üretim aşamasında değil, üretim sonrası paketleme, dağıtım ve tüketim aşamalarında da ciddi bir plastik kullanımı söz konusudur. Plastikğin, kullanım kolaylığı ve ekonomik sebeplerle tercih edilmesi anlaşılır bir gerekçe olsa da meydana gelen çevre ve halk sağlığı sorunları beraberinde gıda güvenliği tartışmalarını zorunlu hale getirmektedir. Gastronomi ekosistemi açısından bakıldığında, özellikle plastik damacana içindeki sulara, deniz ürünlerinde, ballarda, plastik ambalaj içindeki şeker ve tuzlarda farklı oranlarda MP varlığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada gastronomi alanında tüketilen bazı besinlerdeki MP varlığı ele alınarak, Türkiye'deki durum paylaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Mikroplastik, plastik tehlikesi, gıda güvenliği, gastronomi

SOME BASIC FOODS IN GASTRONOMY MICROPLASTIC HAZARD AND FOOD SAFETY

ABSTRACT

The increasing economic difficulties that have occurred all over the world in recent years have caused the use of plastic to become widespread, especially in the preparation, distribution and consumption of food products. On the other hand, the intensive use of masks during the pandemic period has triggered an uncontrolled increase in the number of plastic wastes in the seas and the natural environment. Plastic particles that are too small to be noticed by the eye (<5 mm diameter) are called microplastics. Microplastics, on the other hand, create serious health problems for the ecosystem and living things compared to relatively larger plastics. Plastics, especially those carried through the

* Sorumlu yazar / Corresponding author

✉: yusufyigit@mu.edu.tr

☎: (+90) 542 797 2718

Yusuf Yiğit; ORCID no: 0000-0003-0222-0210

respiratory system and with the basic nutrients used in the preparation of meals, are effective in the formation of different health problems in living organisms. Microplastics are found in many food items used in food production in the field of gastronomy, such as water, sugar, honey and seafood. There is a serious use of plastic in the food production sector, not only in the product production phase, but also in the post-production packaging, distribution and consumption phases. Although it is understandable that plastic is preferred for ease of use and economic reasons, the environmental and public health problems that occur make food safety discussions necessary. From the perspective of the gastronomy ecosystem, microplastic accumulation has been detected at different rates, especially in water in plastic bottles, seafood, and sugar and salt in plastic packaging. In this study, the presence of MP in some foods consumed in the field of gastronomy was discussed and the situation in Turkey was shared.

Key words: Microplastic, plastic hazard, food safety, gastronomy

GİRİŞ

Günlük hayatımıza 1950'li yıllardan sonra giren plastik kavramı, her geçen yıl artan üretimi ile dikkati çekmektedir. 1950'lerde 1.5 milyon ton üretim kapasitesi olan plastiğin, 2017 yılı itibari ile 4.8 ile 12.7 milyon ton plastik atık şeklinde okyanuslara atıldığı ve bu miktarın 280 bin tonunun okyanuslarda yüzdüğü bildirilmiştir (Lusher vd., 2017; Ginneken ve Van, 2019). Diğer taraftan Plastik Europe'ya göre 2021 yılı itibari ile plastik üretiminin 390.7 milyon tona ulaştığı ve bu üretimin ancak % 8.3'ünün geri dönüştürülmüş plastikten elde edildiği belirtilmiştir. Görüldüğü gibi 1950 lerden günümüze kadar geçen yaklaşık 70 yıllık süreçte plastik üretimi ortalama 260 kat artmış ve halen de artmaya devam etmektedir (Plastics Europe & EPRO, 2022). Günlük hayatta kullanılan plastiklerin çoğu gözle görülebilen ve doğada uzun yıllar dayanabilen maddeler olsa da, bilim dünyasında "mikroplastik" kavramı daha sık tartışılmaktadır. Mikroplastikler çoğu plastiğin çeşitli etkenlerle bozulması ve daha küçük parçalara ayrılması ile oluşmakta ve ekosistemden uzaklaştırılması hayli zor olmaktadır (Koelmans vd., 2022; Shim vd., 2017).

Mevcut atık arıtma teknolojilerinde herhangi bir iyileştirme öngörülmediği takdirde, yapılan çalışmalar 2050 yılına kadar küresel çevrenin (okyanuslar, tatlı su kaynakları, atmosfer ve kara ekosistemleri dahil olmak üzere) yaklaşık 13.2 milyar ton plastik kaynaklı atıkla kontamine olacağını göstermektedir (Silva vd., 2020).

Bu durumun bir sonucu olarak plastik kalıntılarının çeşitli gıdalar yoluyla organizmaya alınması muhtemel görülmektedir. Özellikle bu

alandaki literature bakıldığında genelde tuz, deniz ürünleri, ambalaj türleri, su ve çay gibi malzemelerde plastik varlığının nicel olarak saptanmaya çalışıldığı görülmektedir. Ancak doğrudan gıda tüketimi ile vücuda alınan plastik maruziyeti hakkında detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer taraftan gastonomi alanında gıda üretiminde kullanılan temel malzemelerde çay, su ve damacana içme suları gibi ürünlerde araştırmalar yapılsa da bu çalışmalar ayrı ayrı ele alınmış ve karşılaştırmalı olarak detaylı incelemelere yer verilmemiştir (Kwon vd., 2020; Atakan vd., 2021).

Gastonomi alanında kullanılan malzemelerin üretimi, işlenmesi ve paketlenmesi gibi farklı aşamalarda da ürünlere MP'ler bulaşabilmekte, halk sağlığı sorunlarının oluşmaması veya en az indirilmesi için bu süreçlerin dikkatle ele alınması gerekmektedir. Bu kapsamda gıdalara bulaşan plastik kalıntılarının çok zor tespit edilmesi, değişen gıda matrisleri sebebi ile MP'lerin standart bir ölçümünün yapılamaması, gıda güvenliği alanında daha çok çalışmanın karşılaştırmalı olarak ele alınmasını zorunlu kılmaktadır (Kwon vd., 2020)

Bu derleme çalışmasında MP'lerin gastronomi alanında kullanılan farklı ürünlerdeki varlıkları ele alınmış, bu alandaki literatür taraması sonucu bulgular insan sağlığı açısından ayrı ayrı değerlendirilerek halk sağlığı için önerilerde bulunulmuş ve Türkiye'deki MP'lerin durumu en son araştırmalardan elde edilen verilerle ortaya konulmuştur.

MİKROPLASTİK KAVRAMI ve PLASTİK TÜRLERİ

Polimer matris yapısında yada sentetik katı parçacıklar halinde bulunabilen ve boyutları 1µm ile 5 mm arasında değişiklik gösteren, çoğunlukla duş jeli, yüz temizleyicisi, bulaşık süngeri gibi ürünlerde kullanılmak üzere boyutları küçültülebilen plastik yapısındaki ürünlere MP adı verilmektedir (Kannan ve Vimalkumar, 2021). MP'ler çevreye salınım kaynaklarına göre; *Birncil* ve *İkincil* olmak üzere iki temel grupta ele alınır. Birincil MP ler, az önce bahsettiğimiz daha çok mikrobuncuk yapısında olan, çoğu zaman giysilerde bulunan ve kasıtlı olarak 5 mm'nin altındaki boyutlarda üretilen MP'lerdir. İkincil MP'ler ise, plastik malzemelerin termal, foto, mekanik ve biyolojik bozulma olarak adlandırılan dört tip çevresel etki nedeniyle küçük parçalara ayrılmış halidir (Chamas vd., 2020).

Özellikle güneş ışınları *foto-degradasyon* (ışıkla-bozulma) olayını arttırarak plastikte C-H ve C-C bağlarının kopmasına sebep olur. Sıcaklığın

artması ile polimerlerin yapısı etkilenir ve *termal bozulma* oluşur. Mikroorganizmalar yoluyla aerobik ve anaerobik koşullarda oluşan enzimatik bozulmalar ise *biyolojik bozulma* olarak ifade edilir. Rüzgar, su, basınç gibi fiziksel sitres koşullarında plastik maddelerde oluşan parçalanmalara ise *mekanik bozulma* adı verilir. (Fotopoulou ve Karapanagioti, 2019).

Hangi tür bozulma olursa olsun belirli fiziksel koşullarda plastikte meydana gelen değişimler plastiğin türüne ve üretim çeşidine bağlıdır. Bu sebeple plastik üretim türlerinin bilinmesi halk sağlığının korunması ve kullanım alanlarının doğru belirlenmesi bakımından son derece önem kazanmaktadır (Chamas vd., 2020). Günlük hayatta gıdalarla temasında farklı etkilere sahip olan plastik hammaddeler bazı kodlarla birbirinden ayrılır ve geri dönüşüm simgesi içerisinde bu kod numaraları ile tüketiciye sunulmaktadır. Şekil 1'de hammaddelerine göre plastik türleri ve kodları verilmiştir.

						
PETE	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTHER
Polietilen Tereftalat	Yüksek Yoğunluklu Polietilen	Polivinilklorür	Düşük Yoğunluklu Polietilen	Polipropilen	Polistiren	Diğer
						

Şekil 1. Hammaddelerine göre plastik türleri ve kodları (Anonim, 2024)

1.PETE veya PET – Polietilen Tereftalat:

Günümüzde çok yaygın olarak kullanılan malzemelerden birisidir. Ürün kodu geri dönüşüm işareti içinde bir (1) rakamıdır. Özellikle içecek şişeleri, temizlik ürünleri ve deterjan kaplarında, sıvı kristal ürünlerinde, gitar, vitray, piyano gibi ürünlerin cilalanmasında tercih edilmektedir. Bu plastik türü geri dönüştürülmeye uygun olsa da içerisine konulan gıda ve sıvılardan koku ve tatları emebilmektedir. Güneş ışığı ile temasında ve yüksek pH değişim durumlarında nispeten yapısı bozularak, yüksek toksik madde salınımına neden

olabilmektedir. Meyve suyu, ağız gargarası, plastik kola şişelerinde kullanıldığından bu sıvılarla temas ettiğinde mümkün olduğunca hızlı tüketilmeli ve hava ile teması en az düzeyde tutulmalıdır.

2.HDPE – Yüksek Yoğunluklu Polietilen:

Polietilen yapısındaki yoğunluk sebebi ile gıdalara sızma riski düşük bir maddedir. Ürün kodu geri dönüşüm işareti içinde iki (2) rakamıdır. Özellikle çocuk oyuncakları, yoğurt kapları, plastik sürahiler ve şampuan şişelerinde kullanılmaktadır. Geri dönüştürülmüş hali ile plastik kereste, çit ve kamp

malzemesi gibi ürünlerin yapımında tercih edilir. HDPE filament yapısı ile geri dönüşüme uygun olsa da, dönüşümü kolay değildir ve özel soğutma sistemlerini gerekli kılar.

3.V veya PVC – Polivinil Klorür: PVC malzemesi çok fazla zararlı kimyasallar içerdiğinden genellikle sıhhi tesisat boruları, yapı malzemeleri, pencere üretimi, yer döşemeleri ve tıbbi ekipmanlarda kullanılmaktadır. Ürün kodu geri dönüşüm işareti içinde üç (3) rakamıdır. PVC içerisine katılan kimyasal madde olan fitalatlar insan sağlığı için zararlıdır. Fitalarları genellikle daha dayanıklı yapmak için bir grup kimyasal kullanılır ve bunlar *plastikleştirici* olarak adlandırılır. Tıbbi borular, bahçe boruları ve bazı plastik ambalajlarda bu kimyasallar kullanılmaktadır. Fitalatlarla temas eden yiyecekler ve gıda maddeleri bir miktar kimyasal madde ile etkileşime girer. Özellikle yerde emekleyen çocuklar ellerini bir çok ürüne dokundurarak ağızlarına götürmektedir. Böylece fitalat parçacıkları toz yoluyla da vücuda alınmaktadır. Vücuda giren fitalatlar, plastikleri daha dayanıklı hale getirmek için kullanılan bir grup kimyasaldır. Genellikle plastikleştiriciler olarak adlandırılırlar. Bazı fitalatlar, plastik ambalaj, bahçe hortumları ve tıbbi borular gibi ürünlerin yapımında kullanılır. (Anonim, 2024).

4.LDPE – Düşük Yoğunluklu Polietilen: Plastik hammaddeler içerisinde en güvenilir ve en temiz yapıdaki ürün olup, esnek ve ince dokusu ile bilinmektedir. Ürün kodu geri dönüşüm işareti içinde dört (4) rakamıdır. Genellikle dondurulmuş gıda kapları, bakkal poşetleri, saklama şişeleri ve plastik ambalajlarda kullanılmaktadır. Geri dönüşüm yapılabilse de erimiş haldeki yapısı ve geldiği filament şekli sebebiyle dönüşüm önerilmez. Geri dönüşüm yapıldığında ise çöp kutularında, döşeme ve mobilyalarda tercih edilir. İnsan sağlığı için çok büyük tehlike olmasa da %100 güvenli olduğu söylenemez.

5.PP – Polipropilen: Genellikle sağlam bir dokuya sahip olan plastik malzemesidir. Ürün kodu geri dönüşüm işareti içinde beş (5) rakamıdır. Özellikle şurup şişeleri, tupperware ürünleri, ilaç ve yoğurt kaplarında tercih

edilmektedir. Mutfak araçlarının üretiminde yaygın kullanılır.

6.PS – Polistiren: Bu malzeme günlük kullanım plastiği olarak da bilinir. Ürün kodu geri dönüşüm işareti içinde altı (6) rakamıdır. Genellikle köpük içecek kaplarında, plastik yemek takımlarında, tek kullanımlık ürünlerde ve yumurta viyollerinde tercih edilir. Ürnlere sızıntı yapabildiği için kötü bir şöhrete sahiptir. Özellikle yeni araştırmalarda, köpük bardaklarda sıcak içecek içildiğinde bu kimyasalların vücuda geçebildiği bildirilmiştir (Sezer, 2024).

7.Diğer / Muhtelif Plastikler: Plastik yapısı bakımından 1-6 arasındakilere girmeyen, farklı mühendislik teknikleri ile geliştirilmiş plastik sınıfıdır. Ürün kodu geri dönüşüm işareti içinde yedi (7) rakamıdır. Bu kod numarasına sahip plastikler muazzam çeşitlilikte bir yelpazede üretilmektedir. Bu kategoriyi doğru tanımlamak zor olsa da çok fazla kimyasal kullanıldığından sağlık üzerine zararlı etkileri daha fazladır. Özellikle BPA ve yeni bir bisfenol türü olan BPS içeren plastik türleri olduğundan sağlık üzerine sakıncaları dikkat çekicidir. BPA maddesinin aşırı kilo alımı, insülin direnci ve obezite gibi konularla ilintili olduğuna dair yeni çalışmalar bulunmaktadır (Kılınç ve Keser, 2021).

MİKROPLASTİK KONTAMİNASYONU

MP'ler nispeten küçük olmaları sebebi ile çeşitli kaynaklardan suya, toprağa ve havaya karışarak bu ortamlardan da diğer canlılara bulaşabilmektedir. MP kaynaklarının özellikle su ve okyanus ortamlarına bırakılması, katı atık bertaraf işlemlerinin yetersizliği, evsel atıkların okyanus göl ve nehirlerle ulaşması gibi çeşitli sebeplerle suda yaşayan canlılar yoğun bir şekilde plastik maruziyetine uğramaktadır. Ayrıca katı atık toplanması sırasında oluşan plastik bozulmaları ve bu mikro parçacıkların rüzgarla taşınması gibi sebeplerle canlılar MP'lerden olumsuz şekilde etkilenmekte ve bu durum kontaminasyon riskini artırmaktadır (Ashrafy vd., 2022).

Diğer taraftan toprak ekim alanlarındaki biyokatı kullanımı ve plastik malçlama gibi sebeplerle toprak tarım alanlarında da MP kontaminasyonu

oluşmaktadır. Toprağa geçen MP'ler su ve trofik taşıma yoluyla meyve ve sebzelerde birikebilmektedir (Huang vd., 2020).

MP'lerin bitkilerle kontaminasyonunda işçi anıların da etkili olduğu bildirilmiştir (Edo vd., 2021). Özellikle gıda üretimi ve ambalajlanması sırasında oluşan atıklar, güzellik ürünleri atıkları, ambalaj sanayiinde kullanılan mikro boncuklar, araç lastikleri, boyalar, sentetik tekstil ürünleri, içecek şişeleri, gelişigüzel kullanılan elektronik ürünler ve bunların yavaş yavaş parçalanarak çevreye dağılması gibi etkenler MP

kontaminasyonunun ana sebepleri olarak görülmektedir (Nara, 2019).

Doğaya atılan plastik maddeleri kolaylıkla parçalanamazlar. Parçalanmanın oluşabilmesi için ultraviyole (UV) ışığa ihtiyaç duyulur. Plastikler fotodegradasyon olayı sonucunda güneşten gelen ışıkla zaman içerisinde parçalanma gösterirler. Plastik zamanla parçalanarak MP'leri oluşturur ve toplum sağlığı için daha zararlı hale gelebilir (Rainieri ve Barranco, 2019). Çizelge 1'de farklı polimerler için doğada bozunma süreleri verilmiştir.

Çizelge 1. Çeşitli polimerlerin yoğunluk değerleri ve doğada bozunma süreleri (Huang vd., 2020; Glaser, 2019).

Polimer	Polimer yoğunluğu (g/cm ³)	Doğada Bozunma Süresi(yıl)
Polipropilen (PP)	0.90-0.91	10-600
Polietilen (PE)	0.965-0.971	10-600
Poliamid (nylon)(PA)	1.02-1.05	
Polistiren (PS)	1.04-1.1	50-80
Polivinil klorür (PVC)	1.16-1.58	50-100+
Polyester	1.23-2.3	
Polietilen teraftalat (PET)	1.37-1.45	~450

Isı, ışık, rüzgar gibi çeşitli çevresel fiziksel etkilerle MP'lerde bozulmalar meydana gelmekte ve özellikle gıda ambalajlarından ürünlere kontaminasyon gerçekleşmektedir. Özellikle sıcak servis edilen içecek kaplarında bu tarz bir bozulma ile MP oluştuğu düşünülmektedir. (Sridharan vd., 2021). Gastronomi alanında plastik yemek kapları ve bardaklarının yaygın kullanımı, gıdalara doğrudan MP bulaşmasında etkilidir (Jadhav vd., 2021). Diğer taraftan COVID-19 salgını süresince gıda dağıtım işlerinde plastik kullanımı artmış, bu durum MP kontaminasyon düzeylerini olumsuz etkilemiştir (Du vd., 2020).

Gıda işleme alanında, yapılan farklı çalışmalarda, üretim, paketlenme ve dağıtım faaliyetlerinde işçilerin kullandığı bone, eldiven, maske gibi ekipmanlardan yada gıda formülasyonunda kullanılan su, tuz, katkı maddelerinden veya havalandırma sistemlerinden ürünlere MP karışabileceği belirtilmektedir (Brachner vd., 2020). Gastonomi alanında özellikle, süt, bira, içme suyu, damacana sular, şeker, tuz, bal, deniz ürünleri, tavuk, poşet çay, meyveli içecekler gibi farklı ürünlerde ve bu ürünlerin işlenme

sürecinde, MP parçacıklarının gıdalara bulaşabildiği bildirilmiştir (Diaz-Basantes vd., 2020; Shruti vd., 2020; Kosuth vd., 2018; Pivokonsky vd., 2018)

MİKROPLASTİKLERİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Çeşitli MP'lerin ortamda nasıl ayrıştığı ve besin zincirindeki durumu ile ilgili net bilgiler olmasa da bunların genellikle hayvanların tüketimi ile besin zincirine dahil olduğu düşünülmektedir. Özellikle deniz canlıları su alımı yoluyla MP'leri tüketmekte ve bu canlılar tarafından yutulan MP'ler, diğer canlıların onları yemesi ile bir üst besin zincirine yükselebilmektedir. Bu şekilde oluşan bir beslenme sisteminde MP'ler en üst beslenme halkasına kadar yükselerek çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilirler (Nara, 2019).

MP'ler birçok kimyasal ürün için toksinleri taşıyıcı özellik gösterirler. Ortamda bulunan karsinojen, teratojen ve mutajen etkiye sahip kimyasallar adsorpsiyon yoluyla MP'lere tutunur ve sağlık üzerine ciddi sorunlar yaratır. Özellikle bunları tüketen canlılar yoluyla başka canlılara, kurşun,

mangan, bakır, alüminyum, çinko, gümüş ve demir gibi ağır metallerin taşınmasına sebep olurlar (Verla vd., 2019). Ayrıca canlıda meydana gelen sağlık sorunlarında MP'lerin yapısını oluşturan polimerin türü de etkilidir (Rochman vd., 2017).

Genellikle MP'ler insan vücuduna üç farklı yolla giriş yaparlar. Kozmetik ve kişisel bakım ürünleri yoluyla deri yüzeyinden, yeme içme yoluyla sindirim sisteminden ve solunum yoluyla da dolaşım sisteminden insanı hasta edebilirler. Bu yollardan en etkili günlük gıda tüketimi ile meydana gelen MP kontaminasyonudur (Prata vd., 2021). Özellikle toprakta yetişen bitki kökenli tüketimden günlük 80 g plastiğin, yıllık sofraya tuzu tüketiminden ise 150 partikül plastiğin vücuda alındığı belirtilmektedir (Ebere vd., 2019; Özçifçi vd., 2023).

Yutma yoluyla MP'lere maruz kalmak, canlıda endokrin sisteminde, mide ve bağırsak dolaşımında birçok sağlık sorununa sebep olmaktadır (Emenike vd., 2023). Genel olarak boyutu 10 µm'den küçük MP'ler bağırsaktan emilerek lenfatik sisteme ve dolaşıma geçebilirler bu sayede karaciğer, beyin, ve böbrek dokularında da birikebilirler (Yong vd., 2020) İlk defa 2022 yılında 22 sağlıklı gönüllüden alınan kanda PET, PS, PE, ve polimetil metakrilat (PMMA) polimerleri tanımlanarak insan kanında ortalama 1.6 µg/ml, MP olduğu belirlenmiştir (Leslie vd., 2022) Ragusa vd., (2021) ise 6 insan plasentası üzerinde bir çalışma yaparak boyutları 5 ile 10 µm arasında değişen düzensiz 12 adet MP parçacığını ilk defa plasentada tespit etmişlerdir. Bu çalışmalar plastik parçacıkların sadece sindirim sisteminde değil, kan dolaşımı yolu ile fetüse kadar olan tüm sistemlerde görülebileceğini kanıtlamıştır. MP'lerle ilgili yapılan farklı çalışmalarda uzun süreli membranlar arası etkisi, ikincil organlara ve dokulara translokasyonu henüz tam anlamıyla tanımlanmasa da solunum yolu rahatsızlıkları ile gelen farklı 22 hastanın balgamında, boyutu 500 µm'den küçük 21 farklı MP türü saptanmıştır (Huang vd., 2022). Bu sebeple plastik ürünler küçük parçacıklara ayrıldıkça çevreye verdiği zarar daha da artmaktadır (Wright ve Kelly, 2017). Plastik

üretimi sırasında son üründe istenen özelliklere göre üretim prosesinde antioksidanlar, plastikleştirici, yanma dayanımını arttırıcı, ultraviyole stabilizatörler, renklendirici ve yağlayıcılar gibi farklı maddeler ürüne ilave olarak katılmaktadır. Bu aşamada en çok kullanılan katkı maddeleri bisfenol A, ftalatlar, nonilfenol ve alev geciktiriciler gibi sağlığa zararlı maddelerdir (Lusher vd., 2017).

GASTRONOMİ ALANINDA MİKROPLASTİK VARLIĞI

Gıda ürünlerinde ve gastronomi alanında MP varlığı çalışmaları henüz yeni bir alandır ve üzerinde daha çok araştırma yapılması gerekmektedir. Literatürde tuz, bal, şeker ve içme suları gibi ürünler üzerinde yapılan çok sayıda çalışma yer alsa da, süt ve süt ürünlerinde (20 µm'den) küçük boyutlardaki MP varlığını tespit etmek son derece gelişmiş metodları gerekli kılmaktadır (Da Costa Filho vd., 2021). Gastronomi alanında özellikle gıda işleme ve üretim süreçleri gibi alanlarda çalışanların kıyafetlerinden, ortamın hava koşullarından ve kullanılan cihazların yıpranması sonucu oluşan kontaminasyonlardan gıda ürünlerine MP bulaşması söz konusu olmaktadır (Udovicki vd., 2022; Sewwandi vd., 2023).

Diğer taraftan bu alanda yapılan literatür çalışmalarında tuz, ambalaj malzemeleri, içme suları, çay ve deniz ürünlerinde MP varlığı belirlenmeye çalışılsa da benzer gıdaların doğrudan tüketimi yoluyla oluşan maruziyet tam olarak bilinmemektedir (Kwon vd., 2020).

Gıdalarda MP ölçülmesinde yaşanan güçlükler, plastik partiküllerin gıdadan ayrıştırılmasındaki zorluklar, pişmiş gıdalardaki MP yoğunluğunun tam olarak tespit edilememesi ve değişen farklı gıda matrisleri sebebiyle standartlaştırılmış analizlerin olmaması, MP tespiti alanında daha fazla çalışmanın yapılmasını gerekli kılmaktadır (Kwon vd., 2020).

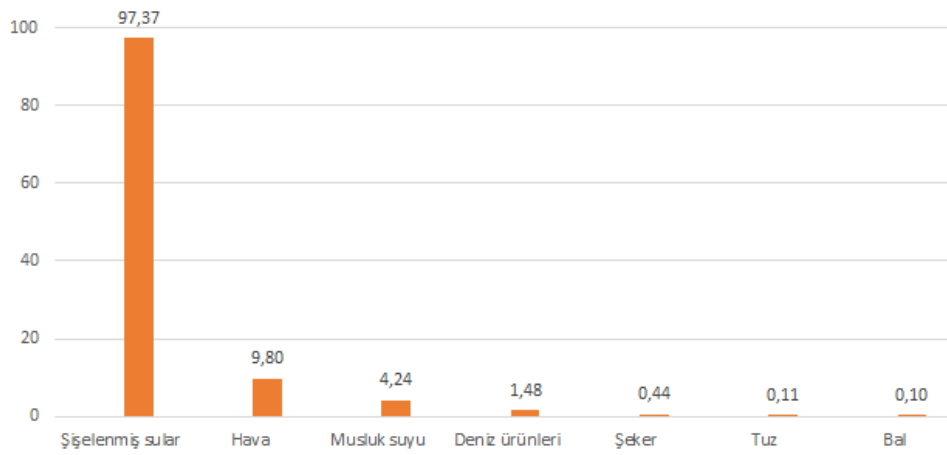
Ayrıca gıda ambalajlarında kullanılan plastikler ekstrüde polistiren (XPS) veya genleşmiş polistiren (EPS) gibi maddelerdir (Kedzierski vd., 2020). Kaplar folyolar, tepsiler, şişeler, kapaklar,

poşetler, gıda endüstrisinde kullanılan başlıca plastik ürünler arasındadır (Geueke vd., 2018).

Bu plastik kaplar sadece ambalajların mekanik aşınması ile değil, ısı ve UV ışını gibi dış ortam faktörlerinin etkisi ile bozunarak ve parçalanarak, depolama süresince plastik partüküllerin gıdalara bulaşmasına sebep olmaktadır (Sewwandi vd., 2023).

Gıda üretiminin tüm aşamalarında gıda ile temas edebilecek bütün malzeme ve teçhizat sağlık için

bir tehlike kaynağı oluşturmaktadır. Gıda ile temas eden maddeler çeşitli kanun ve yönetmeliklerle düzenlemelere tabi olsalar da, MP varlığı açısından oluşabilecek sağlık sorunları özenle ele alınmalıdır (Udovicki vd., 2022) Aşağıda Şekil 2’de bazı gıda maddeleri için litre/metreküp başına düşen mikroplastik miktarları verilmiş, ayrıca içme suyu, poşet çay, süt, tuz, bal, deniz ürünleri, tavuk ve ambalaj malzemeleri gibi gastonomi alanı için önemli olan temel ürünlerdeki MP varlığı ayrı ayrı ele alınmıştır.



*Şişelenmiş su, musluk suyu ve balda gr/litre, hava ve diğer ürünlerde gr/m³'dür.

Şekil 2. Çeşitli ürünlerde gr/litre ya da gr/m³ türünden MP miktarı

Şekil 2 dikkate alındığında gıda alanında özellikle şişelenmiş sulardaki MP varlığının diğer ürünlere göre daha ciddi düzeylerde olduğu görülmektedir (Armstrong, 2019).

Su Kaynaklarında Mikroplastik

Akarsu, rüzgar, hava gibi doğal yollarla MP'ler çevredeki kaynaklara bulaşabilmektedir. Su kaynaklarına bulaşan plastik atıklar buradaki canlılar, dalga hareketleri ve akıntılar yoluyla da tatlı su kaynaklarına ve dolayısıyla insan tüketimine ulaşabilmektedir (Kooi vd., 2017; Eerkes-Medrano vd., 2019). Özellikle atık su direnaj sistemlerinden ve taşkınlar yoluyla tarım alanlarından çamur şeklinde akarak farklı tatlı su sistemlerine MP bulaşmaktadır (Eriksen vd., 2013). Okyanuslarda bulunan plastik atıkların yaklaşık %18'inin balık ve su ürünü yetiştiriciliğinden, %80'inin ise karasal kökenli

kaynaklardan geldiği düşünülmektedir (Cole vd., 2011; Andrady, 2011). Özellikle aşırı hava olayları ve fırtına gibi durumlarda karalarda meydana gelen hava hareketleri sebebi ile plastik atıkların su kütlelerine erişimi artmaktadır (Cole vd., 2011). Diğer taraftan çamaşır yıkamada kullanılan deterjanlar ve giysilerden kopan plastik parçacıklar su kaynaklarındaki MP varlığına etki etmektedir (Aslan, 2018; Browne vd., 2011).

Browne vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada evsel yıkama sonucunda çamaşır makinası atık suları incelenerek, tek bir giysiden her yıkama sırasında ortalama 1900 civarı, MP lif ortaya çıktığı belirtilmiştir. Başka bir çalışmada ise Napper vd. (2015) yüz peelinglerinden tek bir yıkamada, kullanım başına, boyut olarak 164-327 µm çapında, ortalama 4.594 ile 94.500 adet mikrobunuğun su akışına salındığını tespit

etmişlerdir. Almanya’da 2016 yılında, Mintenig vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, 12 atık su deşarj tesisinin 10’unda MP varlığı tespit edilmiş olup, bu MP’lerin boyutlarının 500 µm’den büyük olduğu belirtilmiştir. Yine Almanya’da yapılan başka bir çalışmada, Schymanski vd. (2018) tek sefer kullanılmış ve depozitolu olan 22 plastik şişe, 9 cam şişe ve 3 meşrubat kartonda yer alan suların MP içeriğini araştırmıştır. Bu çalışmada ortalama MP içerikleri, iade edilebilir şişelerde 118 ± 88 partikül/L, tek kullanımlık plastik şişelerde 14 ± 14 partikül/L ve içecek kartonlarında 11 ± 8 partikül/L şeklinde bildirilmiştir. Kosuth vd. (2018) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, 159 adet küresel kökenli musluk suyu araştırılmış bunların %81’inin antropojenik parçacıklar içerdiği bulunmuş, bu partiküllerin %98.3’ünün ise 0.1-5 mm aralığında liflerden oluştuğu belirtilmiştir.

Poşet Çayda Mikroplastik

İçecekler gibi düşük filtrasyon özelliklerine sahip olan maddeler daha analitik işlemlere gerek kalmadan filtrelemeye uygun olabilmektedir. Bu filtrasyon işlemleri selüloz nitrat, fiberglas, alüminyum oksit ve selüloz asetat (CA) gibi membran filtreler kullanılarak nispeten kolay yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Bu işlemler sırasında membranların gözenek çapları farklı boyutlarda belirlenerek MP’lerin farklı sınıflandırmalara tabi olması mümkündür (Kadaczapska vd., 2023). Bu sebeple de son yıllarda farklı gözenek çaplarına sahip membranlar ve basınç pompası birlikte kullanılarak, soğuk çay, enerji içeceği ve bira gibi sıvı formdaki gıdalardan MP’lerin başarılı bir şekilde ayrılması mümkün olabilmektedir (Shruti vd., 2020; Prata vd., 2020; Diaz-Basantes vd., 2020) Fakat yüksek sıcaklık kullanımının MP partiküllerinin fiziki yapısında değişmelere neden olduğu (çatlama, sararma, erime vb.) bildirilmiştir (Gulizia vd., 2022). Diğer taraftan plastik varlığının gıdalardan ayrılması için katı faz mikro ekstraksiyonu, manyetik ve ultrason teknikleri de uygulanabilmektedir (Sridhar vd., 2022).

Kanada’da dört farklı çay markasının ele alındığı bir araştırmada, poşet çayın ambalajından çaya geçen MP varlığı araştırılmıştır. Çay ambalajları

kesilerek örnekler çıkarılmış ve ambalajlar 95°C suya 5 dakika daldırılarak bekletilmiştir. Bu işlemler sonrasında elektron mikroskobu kullanılarak nano ve mikro parçacıklar tespit edilmiştir. Poşet ve süzöntü kalıntılarında plastik tespiti için Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda plastik çay poşeti ile hazırlanan çayın, çay bardağı başına, 16 µg plastik yükü taşıdığı tahmin edilmiş, bu durumun sofraya tuzunda 0.005 µg/g olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çay poşetinin oda sıcaklığında demlendiğinde çok daha az parçacığın çaya geçtiği ve genel olarak MP salınımı konusunda kullanım koşullarının önemi üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak, bir fincan çay hazırlanırken 14.7 milyar mikron altı ($< 1 \mu\text{m}$) ve 2.3 milyon adet ise mikron boyutunda ($\sim 1-150 \mu\text{m}$) plastik parçacığın demleme suyuna salındığı tahmin edilmektedir. Bu salınan plastik miktarı sadece insanlar tarafından tüketilmemekte aynı zamanda kanalizasyon gibi sistemlerle atık su alanlarına ulaşarak MP kirliliğinin artmasına sebep olmaktadır (Hernandez vd., 2019). Diğer taraftan içecek paketlerinin bükülmesi, gıda paketlerinin açılması ve çay poşetlerinin demlenmesi sırasında uygulanan fiziksel işlemler sebebi ile de gıdalara plastik geçişi olduğu bildirilmektedir (Udovicki vd., 2022).

Normal şartlarda çay; içerdiği tanin, polifenoller, kafein gibi maddeler sayesinde kalp koruyucu anti-aging özelliği bulunan, zihinsel uyanıklılık durumuna katkı sağlayan sağlıklı bir içecektir. Ancak üretiminden tüketimine kadar geçen süreçte atmosferde bulunan PVC ve PE gibi plastik maddeler, üretimde kullanılan plastik araçlar, ambalaj ve gübrelerde bulunan plastikler, farklı etkilerle çaya geçerek sağlıklı bir yaşamı tehdit edebilmektedir. Çayda MP varlığının azaltılması için ekiminden tüketime kadar geçen her aşamada plastik girdi miktarının azaltılması önem kazanmaktadır. Çay ürünlerinde bulunan plastikler genellikle polietilen ve polietilen tereftalat kaynaklıdır, bu sebeple de bazı işletmeler MP girdisini azaltmak amacıyla ambalajlarında plastik poşetler yerine, alüminyum kaplara öncelik vermekte, kağıt-alüminyum kompozitlere veya kağıt kaplara yer verilerek plastik varlığı azaltılmaktadır (Xing vd., 2023). Balcı tarafından

2020 yılında ülkemizde yapılan bir tez çalışmasında, market reyonlarının çay bölümlerinde önemli bir alanı teşkil eden poşet

çaylar ele alınmıştır. Çalışmada incelenen poşet çay tipleri Şekil 3’de belirtilen türdedir.



Şekil 3. İncelenen poşet çay türleri; demlik poşeti(a), bardak poşeti(b) ve stick çay(c)

Bu çalışmada toplamda 6 adet demlik poşet çay, 8 adet bardak poşet çay ve 1 adet de stick çay incelemeye alınmış, analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada bir poşet çaydan ortalama 36.5 adet plastiğin insan vücuduna geçebildiği bildirilmiştir. Diğer taraftan incelenen poşet çay türlerinde üretim meteryali olarak selüloz tercih edilse bile, bazı destek malzemelerinde plastik polimerlerin kullanıldığı vurgulanmıştır. İncelenen 15 markanın 10 tanesinin doğal selülozik malzeme, 5 tanesinin ise plastik türevi malzeme kullandığı belirtilmiştir. Bu çalışmadan anlaşılabileceği gibi, selüloz yapıda olan poşet çaylarda bile sağlığı olumsuz etkileyebilecek düzeylerde MP varlığı belirlenmiştir. Bu çayların tüketimi sırasında ayrıca şeker kullanışının, şeker kaplarından çaya geçebilecek plastik miktarını da ek olarak arttıracak düşünülmektedir. Ayrıca demlik poşet çaylardaki MP varlığının, bardak poşet çaya göre daha fazla olduğu belirtilmiş ve “çay keyfi” yaparken mümkün olduğunca tek kullanımlık ürünlerden uzak durulmasının önemi vurgulanmıştır (Balci, 2020).

Süt Ürünlerinde Mikroplastik

Gastronomi alanında kaliteli protein kaynağı olarak görülen süt ve süt ürünleri günlük hayatta sıklıkla tüketilen önemli bir protein kaynağıdır (Demirgöl ve Sağdıç, 2018). Ancak süt ürünlerinin üretimden tüketime kadar geçen farklı aşamalarda, çeşitli faktörlerden etkilenerek MP kontaminasyonuna ve plastik etkileşimine maruz kaldığı düşünülmektedir. Özellikle üretim sürecindeki hijyen kurallarına dikkat edilmemesi, ortam

koşullarının uygunsuzluğu, kullanılan ekipmanlar yada ambalaj malzemeleri gibi etkenlerden plastik partikülleri ile kontaminasyon oluşabilmektedir.

Meksika’da 2020 yılında 8 farklı markadan alınan 23 farklı süt numunesi üzerinde MP varlığı araştırılmış, söz konusu çalışmada her ne kadar şişelenmiş sulara, poşet çay ve damacana sulara göre daha düşük düzeylerde plastik görülse de, sütlerde de MP varlığı bildirilmiştir. Bu çalışmada MP parçacıklarının genellikle kahverengi, mavi, kırmızı ve pembe renklerdeki liflerden yada parçacık halindeki partiküllerden oluştuğu vurgulanmıştır (Kutralam-Muniasamy vd., 2020).

Farklı araştırmalarda görüldüğü gibi süt dışındaki diğer içeceklerde de MP varlığı belirlenmiştir. Fakat süt ve süt ürünlerinde gıda güvenliği açısından kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik tehlikeler daha sıkı denetlense de, MP tehlikesi henüz farkındalık seviyesine ulaşamamıştır (Kutralam-Muniasamy vd., 2020).

Buna rağmen bir çok araştırmada gastronomi alanında yaygın şekilde kullanılan süt ve süt ürünlerindeki süt sağımı, üretimi, tedarik zinciri, endüstriyel işlemler, paketlenme ve depolama gibi farklı aşamalarda MP’lerin kontaminasyon kaynağı olabileceği belirtilmiştir (Da Costa Filho vd., 2021).

Diğer taraftan son ürün halindeki süt mamüllerinin satışında genellikle plastik ambalaj malzemesi tercih edilmekte bu durum da plastik

bulaşma miktarının artmasına sebep olmaktadır. Süt gibi üretim aşamalarının hassas şekilde ele alınması gereken ürünlerde üretim sürecindeki tüm faaliyetler plastik partikül tespiti bakımından dikkatle gözden geçirilmelidir (Kutralam-Muniasamy vd., 2020).

Özellikle sütün sağımında kullanılan titreşimli ve vakumlu kauçuk malzeme içeren makinalardan, sütün fabrikaya naklinde kullanılan taşıma araçlarından, fabrika içerisinde süt taşımada kullanılan PVC ve PE özelliğindeki taşıma borularından süt ürünlerine MP geçişi söz konusu olmaktadır. Sütteki mikroorganizma yoğunluğunu azaltmak için uygulanan ultrafiltrasyon, makrofiltrasyon ve mikrofiltrasyon yöntemlerinde kullanılan membran filtrelerin yüksek basınç altında zarar görmesi sebebi ile de ciddi düzeylerde plastik bulaşımı görülmektedir. Süt fabrikasyonu sırasında polimerik membranların farklı cihazlardan koparak süte karışması ve ısı değişimleri sebebi ile bu bulaşmanın artması mümkün görülmektedir (Pironti vd., 2021).

Bu nedenlerle süt ve süt ürünleri üretimindeki tüm faaliyetlerin titizlikle ele alınarak süreçlerin plastik varlığı açısından yeniden ele alınması ve değerlendirilmesi halk sağlığı sorunlarının yaşanmaması için bir gereklilik olarak düşünülmektedir (Kutralam-Muniasamy vd., 2020).

Buyukunal vd. (2023) tarafından, Türk mutfak kültürü içeceği olan ayranı oluşturan süt, su, tuz, kültür gibi girdiler MP varlığı açısından incelemiş, bu çalışmada sırayla en yüksek MP miktarı tuzlu suda 43 partikül/100 mL, tuzda 33 partikül/100 g ve homojenizasyon, pastörizasyon gibi aşamalarda alınan sütte ise 26 partikül/100 mL MP tespit edilmiştir. Sonuç ürünü olarak ayranın kendisinde ise, 18 partikül/100 mL MP varlığı bildirilmiştir (Buyukunal, vd., 2023).

Çin’de bebek mamaları üzerine yapılan bir başka çalışmada ise, bebek beslenmesinde önemli bir yer tutan biberonun süt tozu preperatından 1.7 kat, süt tozundan ise 6.8 kat daha yüksek MP geçişine sebep olduğu tespit edilmiştir (Zhang vd., 2023).

Süt ürünleri üzerine yapılan çalışmalar genel olarak incelenmiş, boyutları 20 µm’den küçük olan MP’lerin varlığı konusunda güvenilir ölçüm yöntemlerinin bulunmaması nedeniyle, bu ürünlerdeki MP varlığı tespitinin henüz kısıtlı düzeyde olduğu belirtilmiştir (Da Costa Filho vd., 2021).

Yumurtada Mikroplastik

Yumurta gastronomi alanında yoğun olarak kullanılan özellikle yaş pasta üretimi, krema yapımı ve tatlı gibi alanlarda olmazsa olmaz önemli bir protein kaynağıdır. Çin’de yapılan bir çalışmada 5 farklı üreticiden yumurtalar alınarak incelenmiş ve toplanan yumurtalarda 50 ile 100 µm boyutlarında MP, parçacık halinde tespit edilmiştir. Araştırma genelinde yumurta başına adet olarak 11.67 ± 3.98 (mikroplastik sayısı/yumurta) parçacık konsantrasyonunda MP belirlendiği ve plastik varlığının genel olarak yumurtaların beyaz kısımlarında daha çok görüldüğü bildirilmiştir (Liu vd., 2022).

Tuzda Mikroplastik

Gıdalarda katkı maddesi, stabilizatör, lezzet verici veya koyulaştırıcı olarak kullanılan tuzlarda MP varlığı kronik bir sorun olarak görülmektedir (Udovicki vd., 2022). Ülkemizde, 2018 yılında Gündoğdu tarafından yapılan bir çalışmada; kaya tuzu, göl ve deniz tuzları MP bakımından karşılaştırılmış, özellikle 16–84 madde/kg oranı ile deniz tuzlarının MP miktarı diğer tuzlardan daha fazla bulunmuştur. Aynı çalışmada MP oranının en düşük olduğu tuz türünün 9–16 madde/kg miktarı ile kaya tuzu olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun temel sebebinin kaya tuzunda tek bulaşma kaynağının işleme sırasında oluşan kontaminasyon olduğu düşünülmektedir (Gündoğdu, 2018).

Bu araştırmaya benzer şekilde dünya genelinde yapılan bazı çalışmalarda farklı bölgelerde tüketilen deniz tuzlarında MP varlığı tespit edilmiştir. Kilogram başına 13500-19800 parça ile en yüksek değer Hırvatistanda üretilen tuzlarda bulunmuştur (Peixoto vd., 2019). Tuzlarla ilgili 6 farklı kıtada 16 ülke/bölgeden elde edilen, toplamda 39 farklı tuz markası incelenerek, deniz göl ve kaya tuzu numuneleri

değerlendirilmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, tuzlarda en çok rastlanan polimerlerin PP, PE, ve PET olduğu bildirilmiştir. Ayrıca deniz tuzlarında tespit edilen mikroplastiklerin %30 PP, %30 PET ve %35 PE; göl tuzlarında %47 PET, %28 PE, %11 teflon; kaya tuzlarında ise %23 PP, %26 PE, %41 PET'den oluştuğu tespit edilmiştir. Genel olarak bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre Asya kıtasından alınan tuz numunelerinde MP varlığının diğer kıtalar göre daha yüksek olduğu, en yüksek MP varlığı olan toplamda 10 marka içinden 9 tanesinin Asya kıtasında yer aldığı görülmüştür. Bu sebeple Asya kökenli tuzlardaki plastik varlığı diğer kıtalardaki plastik varlığına göre anlamlı bulunmuş fakat kaya tuzlarında böyle bir farklılığa rastlanılmamıştır (Kim vd., 2018).

Fadare vd. (2021) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise; 8 Afrika ülkesinden 23 farklı tuz markası mikroskobik/spektroskopik yöntemlerle incelenmiş ve tuz örneklerinde kg başına 3.42 ± 4.94 adet ile 0.67 ± 1.15 adet arasında MP varlığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada tuzlarda görülen polimer madde türlerine bakıldığında genellikle polipropilen, asetat ve polietilenin baskınlığı dikkat çekmiştir. Bu çalışmaya göre tuzlardaki MP varlığının zannedildiği gibi tuz paketlerinden kaynaklanmadığı, muhtemelen üretim sırasındaki kontaminasyonun yada deniz kirliliğinin MP varlığını etkilediği belirtilmiştir (Fadare vd., 2021).

Bal ve Şekerde Mikroplastik

Avrupada yapılan bir çalışmada Fransa, Almanya, İspanya, Meksika ve İtalya'dan temin edilen toplam 19 bal örneğinde MP varlığı tespit edilmiştir. Tüm örneklerde lif ve parçacık sayıları ele alınmış, ballardaki parçacık miktarı 0-38/kg (ortalama 9 ± 9 kg) lif miktarı ise 40-660/kg (ortalama 166 ± 147 /kg), olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada MP parçacıklarının uzunlukları, 10-20 μ m arasında, liflerin uzunlukları ise 40 μ m ile 9 mm arasında bulunmuştur. Araştırmacılar genellikle mavi renkte plastik tespit edildiğini bildirirken, bunların arılar tarafından taşındığını yada ürünün işlenmesi sırasında bala bulaşabileceğini belirtmişlerdir. Söz konusu çalışmada şeker örneklerinde de MP varlığı

bulunmuştur. Özellikle rafine edilmiş tüm şeker örneklerinde renkli ve saydam lifler ortalama 217 ± 123 /kg, parçacıklar ise ortalama 32 ± 7 /kg aralığında bulunmuştur. Rafine edilmemiş şeker örnekleri ise MP bakımından daha tehlikeli durumdadır ve kg başına 540 parçacık ve 560 lif bulunduğu bildirilmiştir (Liebezeit ve Liebezeit, 2014).

Basantes vd. (2020) tarafından yapılan bir başka çalışmada cam kaplarda bulunan 14 adet bal MP varlığı bakımından incelenmiş, söz konusu ballarda boyutları 5.15-226.01 μ m olan, 30-114 adet parçacık tespit edilmiştir. Bu MP'lerin kaynağının genel olarak PE, PP, ve poliakrilamid olduğu belirtilmiştir (Diaz-Basantes vd., 2020).

Deniz Ürünlerinde Mikroplastik

Deniz ürünlerindeki MP varlığı hem karadan hem de su kaynaklarından kontaminasyon ve taşınma yoluyla gerçekleşebilmektedir. Denizlerde bulunan toplam MP'lerin %80'inin karasal kökenli bulaşma ile oluştuğu ve söz konusu plastiklerin deniz canlıları tarafından yutularak onları tüketen insanlara kadar taşınabildiği bildirilmiştir (Horton vd., 2017). Bu durum sadece balıkları değil mikroalgleri de etkilemiş ve bu canlıların sağladığı fotosentetik aktivitede düşüş olduğu tespit edilmiştir (Akçay vd., 2020).

Genel olarak deniz ekosistemine bakıldığında; açık denizlerde, kıyılarda, kutuplarda, denizlerdeki çökeltelerde olmak üzere çok farklı bölgelerde MP'lere rastlanılmaktadır. Sonuç olarak bu ekosistem içinde var olan her tür canlıda MP varlığı söz konusu olmuştur. Bu kirliliğin yanı sıra plastik ürünlerin görünüş olarak plankton benzeri olması bir çok sucul canlının da bu ürünleri doğrudan yemesine sebep olmaktadır (Wang vd., 2019).

Bu plastik partikülleri sucul canlıların iç organlarında birikse ve pişirme öncesi temizleme aşamasında uzaklaştırılsa da, dolaylı yollardan insan sağlığını etkilediği düşünülmektedir. Diğer taraftan gastronomi alanında istisnai durumlardan olsa da hamsi, sardalya gibi daha ufak balıklar, çeşitli kabuklu deniz ürünleri kılçıkları ve bazen diğer organları ile tüketilebilmekte ve bu durum

farklı sorunları beraberinde getirmektedir. Özellikle midyeler üzerinde yapılan bir çalışmada, en düşük MP seviyesi 0.5 parçacık/g'dan az olmak üzere Avrupa'da, en yüksek MP seviyesi ise 4 parçacık/g olmak üzere Çin'de bildirilmiştir (Rainieri ve Barranco, 2019).

Sucul yaşayan canlılar içerisinde midyeler çok geniş alana dağılmış olmaları sebebi ile MP araştırmalarında bir indiktor olarak ele alınan organizmaların başında gelmektedir. Ülkemiz kıyı şeridinin %76'sını kapsayacak şekilde 23 farklı noktadan alınan midye örnekleri ile yapılan bir çalışmada çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada Marmara Denizi, Karadeniz, ve Akdeniz'den alınmak üzere toplamda, 347 midye örneğinin 222'sinde MP bulunduğu bildirilmiştir. Bu MP'lerin %28.4'ünü lifler, %67.6'sını parçacıklar ve kalan kısmının da filmler halinde yer alan plastik parçacıklardan oluştuğu rapor edilmiştir. Polimer türlerine göre bakıldığında en düşükten yükseğe doğru sırasıyla, %19.4 PE, %28.4 PP ve %32.9 PET türü plastik olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen verilere göre Türkiye'de midye kaynaklı MP'lere maruz kalma miktarının 1918 mikroplastik/yıl düzeyinde olduğu tahmin edilmiştir (Gedik ve Eryaşar, 2020).

Diğer taraftan Curren vd. (2020) tarafından Singapur'un 4 farklı lokasyonundaki yerel marketlerden temin edilen karidesler üzerinde yapılan bir çalışmada, bu canlıların bağırsaklarının temizlenmeden tüketilmesinin, insanlarda MP kontaminasyonunu arttırdığı bildirilmiştir. Yine bir başka çalışmada ise deniz ürünlerinden yumuşakçaların diğer sucul canlılara göre daha fazla MP taşıdığı belirtilmiştir. Bu çalışmaya göre, yumuşakçaların sırasıyla en düşük 8.07 ve en yüksek 428.4 partikül/g (ıslak gram ağırlığa karşılık gelen plastik parça adeti) MP varlığı ile %50-95 ile en yüksek MP konsantrasyon dağılımını gösterdiği vurgulanmıştır. Bu miktarlar kabuklulara göre yaklaşık 4 kat, balıklara göre ise yaklaşık 40 kat daha yüksek düzeylerde dir. Çeşitli organizmaların beslenme ekosistemlerindeki farklılıklardan veya plastik partiküllerinin dağılım durumlarındaki değişikliklerden böyle bir

sonucun meydana geldiği düşünülmektedir (Mohamed vd., 2021).

Tavukta Mikroplastik

Gastronomi alanında, özellikle son yıllarda daha yaygın olarak tüketilen tavuk ürünlerinde MP varlığı ile ilgili farklı çalışmalar ele alınmıştır. Fransa'da 2020 yılında yapılan bir araştırmada, ekstrüde polistiren köpük (XPS) tepsilerde satılan tavuk eti numuneleri incelenmiş, et ile tepsi arasında, paketlerin iç kısmında ve ambalajın dış kısmında MP varlığı belirlenmiştir. Bu araştırmada 4 farklı markaya ait ürünlerde özellikle et ile koruyucu film arasında XPS parçacıklarına rastlanmış olması MP bulaşmasının ürünün paketlenme sürecinden önce oluşabileceği şüphesini doğurmuştur. Diğer taraftan, üretimin gerçekleştirildiği ortam havasında asılı halde XPS parçacıkları olabileceği düşünülmüştür. Düşük yoğunluktaki MP'lerin elektrostatik yük ile yüklenmesi sonucu bu durumun oluşabileceği ihtimali üzerinde durulmuştur (Kedzierski vd., 2020).

Ambalaj materyalinin dış yüzeyindeki XPS miktarı farklı markalarda farklı sonuçlar taşımakla birlikte kilogram başına 10.8 ± 6.0 adet ve 1.1 ± 1.9 adet arasında; iç yüzeyde ise 18.7 ± 8.3 adet ile 4.0 ± 4.5 adet arasında belirlenmiştir. Tavuk etlerinde görülen bu parçacıklar gerek pişirme sırasında ürün üzerinden kolaylıkla ayrılmaması gerekse toksisite ve elektiriksel yük ile yüklenmesi gibi sorunlar sebebi ile ciddi sağlık problemlerini işaret etmektedir. Çalışmada elde edilen en önemli problemlerden birisi ise, yıkama ile etlerdeki MP varlığının kolay kolay giderilememesidir. Bu durumun sonucu olarak pişirme sırasında plastiklerin önemli bir kısmı et üzerinde bulunmakta ve et ile beraber pişirilmektedir. Söz konusu çalışmaya göre, tavuk ürünlerindeki bu plastik yoğunluğuna bakılarak, yetişkin bir insanın günde yaklaşık 1.4 mg MP tükettiği hesaplanmaktadır (Kedzierski vd., 2020).

Yin vd. (2023) tarafından yapılan başka bir çalışmada; MP'lerin kanatlı hayvanların kas dokularına, gastrointestinal sistemlerine ve karaciğerlerine bulaşabileceği bildirilmiştir. Aynı çalışmada MP bulaşmış kanatlı ve et ürünlerinin

patojen taşıma riskinin de artmış olabileceği vurgulanmıştır.

Havada Mikroplastik

Her ne kadar gıda sektöründe özellikle MP varlığı tuz, şeker, tavuk ve bal gibi ürünlerde araştırılsa da yapılan bazı çalışmalar havada da ciddi oranlarda MP olduğunu göstermektedir. Genel olarak dünya plastik üretiminin %16'sını oluşturan tekstil lifi yıllık 60 milyon metrik üretim hacmi ile plastik üretim alanında önemli bir konumdadır. Hava ile tenefüs edilen bu lif parçacıkları genellikle vücut tarafından tolere edilse de, bazı parçacıklar akciğere kadar ilerleyerek inflamasyon gibi etkilere yol açabilmektedir. Özellikle polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi kontaminantlar ve plastik içerisindeki plastikleştirici ve boyar maddeler mutajenik ve karsinojenik etki gösteren son derece zararlı maddeler içermektedir (Gasperi vd., 2018). Hava ile kontamine olmuş gıdalar ve açık alanlarda uygunsuz koşullarda satılan ürünler de bu kapsamda risk teşkil etmektedir. Ayrıca havada asılı bulunan bu partiküller başka bulaşıcılarla etkileşime girerek kontaminasyon oluşturabilmekte, bu durum farklı sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Bu kapsamda gıdaların uygun hava koşullarında satışı da önem kazanmaktadır (Kirstein vd., 2016).

Gıda Kaplarında Mikroplastik

Gastronomi alanında özellikle hazır gıda sektörünün hızla büyümesi tek kullanımlık kapların kullanım oranını arttırmış, bu durumun bir sonucu olarak da dünya genelinde üretilen plastik miktarının yaklaşık %40'nın tek kullanımlık olarak üretildiği belirtilmiştir. 2015 yılı verilerine göre gıda sektörünün küresel çaptaki değerinin 89 milyar ABD doları olduğu ve yıllık bu değer ortalama % 2.7 artmış olduğu ifade edilmektedir. Bu noktada, kuşkusuz gıda taşınmasında kullanılan malzemelerin MP varlığı önem taşımaktadır. 2020 yılında yuvarlak ve dikdörtgen şekilli plastik bardak ve kapların MP varlığı araştırılmıştır. Bu çalışmaya göre dikdörtgen şekilli kaplardan 38 ± 5.29 mg, yuvarlak şekilli kaplardan 12 ± 5.12 mg, plastik bardaklardan ise 3 ± 1.13 mg MP parçacığı izole edilmiştir. Bu çalışmadan anlaşıldığı üzere kaplarda bulunan MP

sayısında kabın üretim şeklinin bile önem taşıdığı vurgulanmıştır (Fadare vd., 2020).

Du vd. (2020) tarafından yapılan bir başka çalışmada, paket servis kaplarında sunulan yemeklerin MP varlığı araştırılmış ve kaplar doğrudan yıkama ve sıcak suya daldırıp yıkama gibi farklı tekniklere tabi tutulmuştur. Söz konusu çalışmada paket servis kaplarında bulunan MP'lerin kapların iç yüzeylerindeki dökülmelerden ve atmosferik serpintiden etkilendiği belirtilmiştir.

Gıdalarda paketlenme işlemleri ve paket açılması aşamalarında yada içeceğin tüketilmek üzere şişenin bükülmesi sırasında veya çay poşetlerinin kullanımı gibi günlük faaliyetler sebebi ile MP'lerin kolayca ortama yayılabildiği tespit edilmiştir (Udovicki vd., 2022).

TÜRKİYE'DE PLASTİK TEHLİKESİ

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizin, tüm kıyı şeridinin %76'sını kapsayacak şekilde, Marmara, Akdeniz ve Karadeniz merkez olmak üzere 23 farklı bölgeden alınan midye örneklerinde MP varlığı belirlenmiştir. Toplanan 342 adet midyenin, 222 tanesinde plastik tespit edilmiş, bu plastiklerin %28.4'ünün liflerden, %67.6'sının parçacıklardan, kalan kısmının ise filmlerden oluştuğu bildirilmiştir (Gedik ve Eryaşar, 2020).

Başka bir çalışmada, genel olarak deniz ürünleri arasında yumuşakçaların 428.4 partikül/g, ile % 50-95 oranında yüksek MP varlığı taşıdığı ve bu plastik miktarının kabuklulara göre yaklaşık 4 kat, balıklara göre yaklaşık 40 kat fazla olduğu vurgulanmıştır. Söz konusu çalışmada elde edilen sonuçlarda, organizmaların farklı beslenme durumlarından etkilenebileceği veya ekolojik çevresel koşulların bu duruma katkı sunacağı vurgulanmıştır (Mohamed vd., 2021).

Ülkemiz genel olarak denizlerle çevrili olması, akarsu ve göller bakımından zengin ekosistemi sebebi ile daha önce ele aldığımız MP oluşumunu sağlayan etkenler bakımından özel bir konumdadır. Su, akarsu, rüzgar ve güneş gibi fiziki etkilerin aşındırma gücü ile plastik atıkların MP'lere dönüşümü hızla gerçekleşmekte

(Fotopoulou ve Karapanagioti, 2019), bu durum ülkemiz için büyük bir risk teşkil etmektedir. Özellikle Çin, Malezya ve Tayland gibi ülkelerin 2018 yılında atık ithalatını yasaklaması ile birlikte Türkiye, Avrupa'dan atık ithalatı konusunda

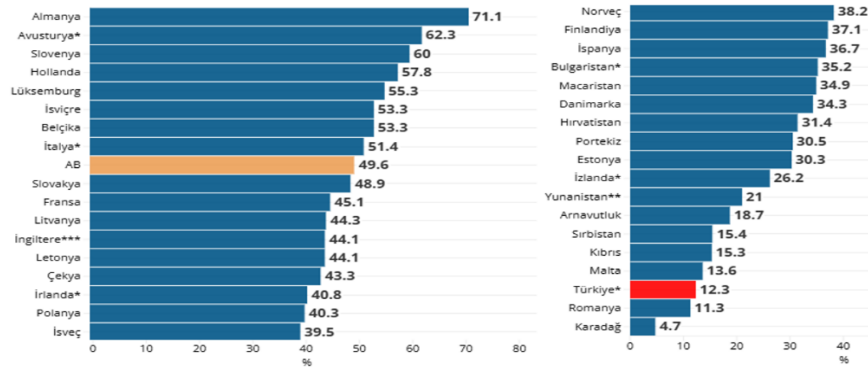
2004-2020 yılları arasında, ortalama 196 kat bir artış yaşamıştır. Şekil 4'de bazı ülkelerin plastik satışı(yeşil) ve alımı(kırmızı) farklı renklerle gösterilerek, 2020 verilerine göre Türkiye'nin bu alandaki konumu ok işareti ile belirtilmiştir.

En çok atık satışı yapan ülkeler —			En çok atık alımı yapan ülkeler —		
1	Almanya	853.860.858 kilo	1	Malezya	715.274.620 kilo
2	Japonya	820.742.495 kilo	2	Türkiye	619.287.422 kilo
3	Amerika Birleşik Devletleri	624.511.072 kilo	3	Almanya	567.239.848 kilo
4	Birleşik Krallık	560.986.540 kilo	4	Vietnam	440.706.678 kilo
5	Hollanda	413.233.255 kilo	5	Hollanda	417.312.448 kilo
6	Belçika	346.218.522 kilo	6	Amerika Birleşik Devletleri	243.981.665 kilo
7	Fransa	333.748.686 kilo	7	Endonezya	233.926.526 kilo
8	İtalya	217.167.070 kilo	8	Diğer Asya, nes	230.934.455 kilo
9	Slovenya	181.914.979 kilo	9	Polonya	195.332.771 kilo
10	Avusturya	179.322.638 kilo	10	İtalya	193.114.936 kilo

Şekil 4. Bazı önemli ülkelerin atık satışı ve alım durumları

Tablo incelendiğinde ülkemizin 2020 yılı itibarı ile Malezya'dan sonra en çok atık alan ikinci ülke konumunda olduğu, Almanya, Japonya, ABD ve İngiltere gibi küresel güçlerin ise en çok atık gönderen ülkeler olduğu görülmektedir (Anonim, 2025a). Tabloda atık alımı konusunda da,

Almanya dikkat çekmektedir, fakat Almanya'nın, Malezya ve Türkiye'den farklı olarak atık geri dönüşümünde dünyadaki en ileri ülkelerden birisi olduğu bilinmektedir. Şekil 5'de bazı ülkelerin belediye atıklarını geri dönüşüme kazandırabilme oranları verilmiştir.



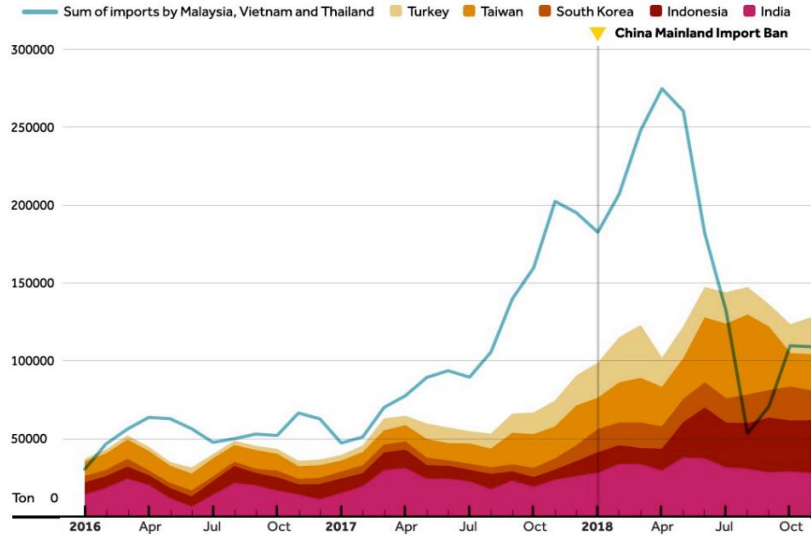
Şekil 5. Bazı ülkelerin belediye atıklarını geri dönüştürme oranları (2021)

OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) tarafından 2021 yılında yayınlanan verilerine göre, Almanya'nın belediye atığının yüzde 71.1'ini geri dönüştürerek kullanabildiği, Türkiye'nin ise bu atıkları dönüştürebilme oranının çok düşük seviyelerde, yalnızca yüzde 12.3 olduğu görülmektedir. Söz konusu rapora göre Türkiye, evsel kökenli atığın geri dönüşümünde Avrupa ülkeleri içerisinde sondan 3. sıradadır. Bu durum

ülkemizi plastik atıklar konusunda riskli bir konuma taşımaktadır. Diğer taraftan 2017 yılından başlayarak Çin kademeli bir şekilde plastik atık yasağını gündeme getirerek, 2018 yılında diğer ülkelerden atık alımını tamamen yasaklamıştır. Bu durum Malezya, Vietnam ve Tayland gibi Asya ülkeleri ile Türkiye'yi plastik atık konusunda hedef ülke durumuna getirmiştir. Sonuç olarak ülkemiz, Avrupa'dan gelen atıklar

konusunda yeni adres haline gelmiş ve ne yazık ki bu yeni dönemden olumsuz şekilde etkilenmiştir. Kademeli olarak ülkemizin bu olumsuz durumdan nasıl etkilendiğini anlamak için Green Peace gibi oluşumların raporlarını incelemek gerekmektedir. Çevreci faaliyet gösteren kurumların bu konudaki resmi raporlarına bakıldığında, Türkiye'nin 2016 başında ayda 4.000 ton olan atık alım miktarının, 2018 yılının ilk aylarında ayda 33.000 tona, 2019

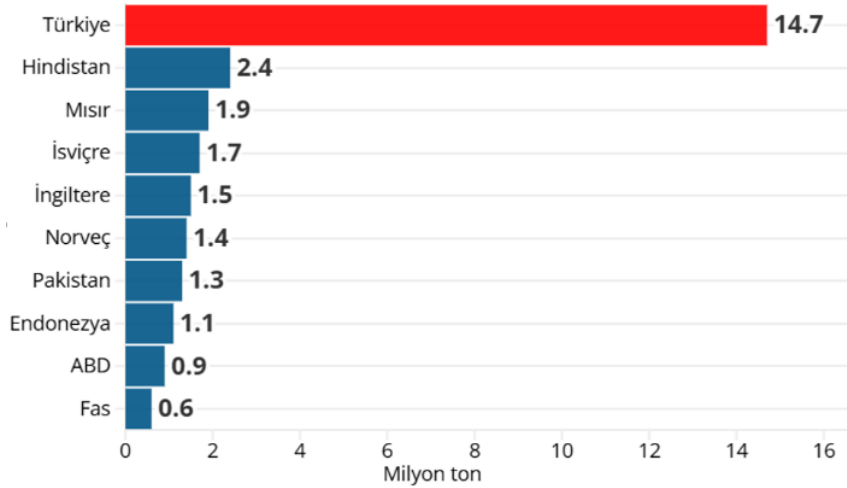
yılında ise ayda 48.500 tona yükseldiği bildirilmektedir. Son yıllardaki verilere göre sadece 2019 yılına kadar geçen 3 yılda bile ülkemizde atık konusunda neredeyse 13 kata yakın bir çöp fazlalığı oluşmuş ve malesef bu çöplerin geri dönüşümü, gelişmiş ülkelere kıyasla çok düşük seviyelerde kalmıştır (Anonim, 2025b). Şekil 6'da Çin'in küresel atık yasağı sonrası bazı ülkelerin plastik alım miktarları verilmiştir.



Şekil 6. Çin'in atık yasağı sonrası ülkelerin plastik alım miktarları

Yukarıdaki görselden de anlaşıldığı gibi özellikle Çin'de alınan kararlar gereği (2017-2018) dünya genelinde oluşan plastik atık alım miktarları dikkat çekici düzeylere ulaşmıştır. Bu kapsamda Green Peace gibi çevre örgütleri, farklı ülkelerde çeşitli sağlık sorunlarının oluştuğunu belirterek, bu konu ile ilgili örnek çalışmalar yapmakta, söz konusu süreçte özellikle Güneydoğu Asya ülkeleri birer birer kısıtlayıcı önlemler alarak plastik ve plastik kökenli MP varlığını kontrol altında tutmaya çalışmaktadır (Anonim, 2025c). Bu durumun bir sonucu olarak atık alımında ikinci sırada bulunan Türkiye, malesef kirlilik konusunda hedef ülke haline gelmekte ve yeterli önlemlerin alınmadığı düşünülmektedir. Şekil 7'de ülkelerin 2021 verilerine göre atık alım miktarları verilmiştir. Buna göre Türkiye'nin AB ülkeleri içerisinde 9 ülkenin toplamından daha fazla atık aldığı görülmektedir.

Şekil 7 incelendiğinde, diğer 9 ülkeye gönderilen atığın toplamından daha fazla atığın ülkemize gönderildiği açık şekilde anlaşılmaktadır. Bu üzücü tablonun sonucu olarak ülkemiz toprakları kirlenmekte, plastik kökenli MP varlığı hızla artmakta ve ilerleyen yıllarda ciddi sağlık sorunlarının oluşması kaçınılmaz hale gelmektedir (Anonim, 2025d). Özellikle plastik atıklardan dolayı meydana gelen su kirliliği, toprak ve ekim alanlarındaki olumsuz etkileşimler, plastik yakmaktan kaynaklı havada oluşan kirlilik ve korozyon gibi etkilerle denizlerde meydana gelen plastik birikimi, üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz için son derece kaygı verici sorunları beraberinde getirmektedir. Bu konuda ciddi önlemlerin alınması gerektiği çeşitli çevre aktivistleri tarafından sürekli vurgulanmakta, bu durumun sonucu olarak gerekli önleyici tedbirlerin alınması daha da önem kazanmaktadır (Anonim, 2025b).



Şekil 7. AB'nin atık ihraç ettiği başlıca ülkeler

SONUÇ

Son yıllarda değişen ekonomik koşullar ve pandemi gibi sebeplerle hızlı tüketim alışkanlıklarının yaygınlaşması, hayatımızın hemen her alanında önemli bir yer tutan plastik kullanımının da artmasına sebep olmuştur. Özellikle üretim alanında yaşanan küresel sıkıntılar, insanları tek kullanımlık araçlara yönlendirmekte ve bu durumun sonucu olarak da, plastik üretimi her geçen yıl artmaktadır. Gastronomi alanı için yiyecek içecek kaplarının üretiminden, taşıma kaplarının kullanımına kadar hemen hemen her alanda, plastiklerin daha sık tercih edildiği görülmektedir. Bu yaygın kullanım sonucunda atık ürünlerin önemli bir kısmı plastik kökenli atıklardan oluşmaktadır. Plastik atıklar zamanla, ısı ve ışık benzeri fiziksel etkilere maruz kalarak MP denilen daha küçük parçacıklara ayrışmaktadır. MP'ler genel olarak çok küçük yapıda plastik polimerlerden oluştukları için su ve hava gibi taşıyıcı faktörlerle taşınarak hemen her ortamda karşımıza çıkmaktadır. Plastik polimer parçacıkların bu özel yapısı sebebi ile; tavuk ve et ürünleri, süt ürünleri, deniz ürünleri, tuz, şeker ve bal gibi ürünlerde, yemeklerin hazırlanmasında kullanılan damacana sularda ve farklı ülkelerin ortak geleneğinde yer alan çay ürünlerinde MP varlığı görülmektedir.

MP'lerin hayatın her alanında karşımıza çıkması ve özellikle gastronomi alanında temel besin maddelerinde rastlanması, bu alanlarda çalışma

koşullarının değiştirilmesinden, ortak bir yaklaşımın geliştirilmesine kadar bir çok problemi beraberinde getirmektedir. Diğer taraftan plastik parçacıkların insanlarda ve canlılarda endokrin sistemi ile ilgili çok sayıda sağlık sorunu oluşturduğu bilinse de bu alanda yeterince çalışma yer almamakta ve ortak test yöntemlerinin geliştirilmesi bir zorunluluk olarak görülmektedir. Ayrıca kanalizasyon suları, farklı taşıma yöntemleri, hava ve rüzgar gibi etkilere plastik parçacıklar çok uzak mesafelere dağılarak halk sağlığı sorunlarına yol açmaktadır. Diğer taraftan plastik malzemelerin doğada kendiliğinden yok olma süreci çok uzun bir zaman dilimini kapsadığı için tüm dünya genelinde çöp dağlarının oluşmasına, bu çöplerin denizlere taşınarak dünya ekosistemi ile birlikte diğer canlılara da zarar vermesine sebep olmaktadır. Öte yandan Çin gibi büyük ülkelerin 2017-2018 yıllarında çöp alımını durdurması Türkiye ve Malezya gibi ülkelerde ciddi atık problemlerinin oluşmasına zemin hazırlamıştır. Bu kapsamda tüm dünya ülkelerinin plastik atıklar konusunda birlikte hareket etmeleri ve bilimsel yöntemlerle plastik atık problemini ciddi şekilde ele almaları gerekmektedir.

Sonuç olarak, MP'lerin gastronomi alanında temel gıdaların çoğunda görüldüğü ve ilerleyen yıllarda tüm dünya için ciddi sağlık sorunlarını oluşturabileceği düşünülmektedir. Özellikle gıda tüketimi, yemek ve içeceklerle yutulan plastiklerin toksik ve kanserojen etkileri, sıcaklık değişimleri

ile meydana gelecek potansiyel zararları yeterince bilinmemekte ve bu alanda yeni çalışmaların yapılması önem kazanmaktadır. Öte yandan, tüm dünya genelinde halk sağlığı sorunlarının oluşmaması, ekosistemin bozulmaması ve sürdürülebilir gıda üretiminin teşvik edilmesi için, tüketicilerin yeterince bilinçlendirilmesi oldukça önemli bir konudur. Bu kapsamda gastronomi alanında üretim yapan şeflerden, ürünü satın alan tüketicilere ve turizm alanındaki yöneticilere kadar toplumun her kesiminin yeterince bilinçlendirilmesi, plastik kullanımı ve zararlarının tespiti konusunda ciddi adımların atılması önerilebilir. Mevcut yapılan çalışmalar, plastik varlığının tespiti için geliştirilen test teknikleri ve uygulama alanları bakımından henüz istenen düzeyde değildir. Ayrıca MP tespiti için yapılan çalışmaların zor olması, multidisipliner bir yaklaşımla konunun tüm boyutlarıyla ele alınmasını, halk sağlığı, gastronomi, gıda, kimya ve tıp gibi alan uzmanlarının, hatta veteriner hekimlerin bu kapsamda birlikte çalışmasını gerekli kılmaktadır.

KAYNAKLAR

Anonim, (2024). <https://plastixmold.com/gidaya-uygun-plastik-hammadde-cesitleri/> (Erişim Tarihi: 20.12.2024).

Anonim, (2025a). <https://geridonusumekonomisi.com.tr/avrupa-atik-ihracatinda-yeni-yol-haritasi.html> (Erişim Tarihi: 10.01.2025).

Anonim, (2025b). <https://www.greenpeace.org/turkey/blog/dunyanin-bunalimi-plastik-atik-ithalati> (Erişim Tarihi: 15.01.2025).

Anonim, (2025c). <https://storage.googleapis.com/planet4-turkey-stateless/2019/09/c19ddece-c19ddece-plastik-atik-ithalat-raporu-gpea-plastic-waste-trade-research-briefing.pdf> (Erişim Tarihi: 18.01.2025).

Anonim, (2025d). <https://tr.euronews.com/2023/08/01/geri-donusum-orani-atik-aritmada-turkiyede-ve-avrupada-durum-ne> (Erişim Tarihi: 20.01.2025).

Akçay S, Törnük F, Yetim H. Mikroplastikler: Gıdalarda bulunuşu ve sağlık üzerine etkileri. EJOSAT 2020; (20),530-538.

Andrady AL. (2011). Microplastics in the Marine Environment. Mar Pollut Bull. 62: 1596-1605.

Aslan R. (2018). Mikroplastikler: Hayatı Kuşatan Yeni Tehlike. Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi. 6(66): 61-67.

Armstrong, M. (2019). How We Eat, Drink and Breathe Microplastics. <https://www.statista.com/chart/18299/how-we-eatdrink-and-breathe-microplastics/>. [Erişim tarihi 16 Temmuz 2020].

A. Glaser, J. (2019). Biological Degradation of Polymers in the Environment. Plastics in the Environment, IntechOpen.

Ashrafy, A., Liza, A. A., Islam, M. N., Billah, M. M., Arafat, S. T., Rahman, M. M., Rahman, S. M. (2022). Microplastics Pollution: A Brief Review of Its Source and Abundance in Different Aquatic Ecosystems. Journal of Hazardous Materials Advances, 100215.

Atakan O, Yüceer M, Caner C. (2021). Mikroplastikler ve Gıda Güvenliği. Akad Gıda;19(4):433-441

Balcı, S. Z. (2020). *Bazı gıdalardaki mikroplastik kirliliğinin tespiti* (Doctoral dissertation, Yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Buyukunal, S. K., Rbaibi Zipak, S., Muratoglu, K. (2023). Microplastics in a Traditional Turkish Dairy Product: Ayrın. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 73(2), 139-150.

Brachner, A., Fragouli, D., Duarte, I. F., Farias, P. M. A., Dembski, S., Ghosh, M., Barisic, I., Zdzienbło, D., Vanoirbeek, J., Schwabl, P., Neuhaus, W. (2020). Assessment of Human Health Risks Posed by Nano-and Microplastics Is Currently Not Feasible. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(23), 8832. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238832>

Browne MA, Crump P, Niven SJ, Teuten, E, Tonkin A, Galloway T, Thompson R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. Environ Sci & Technol. 45(21): 9175-9179.

- Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway T. S. (2011). Microplastics as Contaminants in the Marine Environment: A Review. *Mar Pollut Bull.* 62: 2588-2597.
- Curren E., Leaw CP., Lim PT., Leong SCY. (2020). Evidence of marine microplastics in commercially harvested seafood. *Front Bioeng Biotechnol*; 8, 562760.
- Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., Abu-Omar, M., Scott, S.L., Suh, S. (2020). Degradation rates of plastics in the environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(9), 3494-3511.
- Da Costa Filho, P. A., Andrey, D., Eriksen, B., Peixoto, R. P., Carreres, B. M., Ambühl, M. E., Descarrega, J.B., Dubascoux, S., Zbinden, P., Panchaud, A., Poitevin, E. (2021). Detection and characterization of small-sized microplastics ($\geq 5 \mu\text{m}$) in milk products. *Scientific Reports*, 11(1), 1-13.
- Demirgöl F, Sağdıç O. (2018). Fermente süt ürünlerinin insan sağlığına etkisi. *Avr Bil Tekn Derg*; (13), 45- 53.
- Diaz-Basantes., M. F., Conesa, J. A., Fullana, A. (2020). Microplastics in honey, beer, milk and refreshments in Ecuador as emerging contaminants. *Sustainability*, 12(14), 5514.
- Du, F., Cai, H., Zhang, Q., Chen, Q., Shi, H. (2020). Microplastics in take-out food containers. *Journal of Hazardous Materials*, 399, 122969.
- Eerkes-Medrano D, Leslie HA, Quinn B. (2019). Microplastics in Drinking Water: A Review and Assessment. *Curr Opin Environ Sci & Health.* 7: 69-75
- Eriksen M, Mason S, Wilson S, Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S. (2013). Microplastic Pollution in the Surface Waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar Pollut Bull.* 77: 177-182
- Ebere, E. C., Wirnkör, V. A., Ngozi, V. E. (2019). Uptake of microplastics by plant: a reason to worry or to be happy? *World Scientific News*, (131), 256-267.
- Edo, C., Fernández-Alba, A. R., Vejsnæs, F., van der Steen, J. J., Fernández-Piñas, F., Rosal, R. (2021). Honeybees as active samplers for microplastics. *Science of the Total Environment*, 767, 144481.
- Emenike, E. C., Okorie, C. J., Ojeyemi, T., Egbemhenghe, A., Iwuozor, K. O., Saliu, O. D., Okoro, H.K., Adeniyi, A. G. (2023). From oceans to dinner plates: The impact of microplastics on human health. *Heliyon*, 9(10).
- Fadare, O.O., Wan, B., Guo, L.-H., Zhao, L. (2020). Microplastics from consumer plastic food containers: Are we consuming it? *Chemosphere*, 253, 126787.
- Fadare, O.O., Okoffo, E.D., Olasehinde, E.F. (2021). Microparticles and microplastics contamination in African table salts. *Marine Pollution Bulletin*, 164.
- Fotopoulou, K. N., Karapanagioti, H. K. (2019). Degradation of various plastics in the environment. *Hazardous Chemicals Associated with Plastics in the Marine Environment*, 71-92.
- Gasperi, J., Wright, S.L., Dris, R., Collard, F., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., Kelly, F.J., Tassin, B. (2018). Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 1–5.
- Gedik, K., Eryaşar, A.R. (2020). Microplastic Pollution Profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish Coasts. *Chemosphere*: 127570
- Geueke B, Groh K, Muncke J. (2018). Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. *J CleanProd*;193,491-505.
- Ginneken, V. Van., (2019). Plastic in the food chain and the expected pandemic of cancer? *Novel Approaches in Cancer Study*, 3(3), 277,9.
- Gulizia, A. M., Brodie, E., Daumuller, R., Bloom, S. B., Corbett, T., Santana, M. M., Motti, C.A., Vamvounis, G. (2022). Evaluating the effect of chemical digestion treatments on polystyrene microplastics: recommended updates to chemical digestion protocols. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 223(13), 2100485.

- Gündoğdu S. (2018). Contamination of table salts from Turkey with microplastics. *Food Addit Contam Part A*; 35(5), 1006-1014.
- Hernandez, L.M., Xu, E.G., Larsson, H.C.E., Tahara, R., Maisuria, V.B., Tufenkji, N. (2019). Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea. *Environmental Science and Technology*, 53(21), 12300–10.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060-75.
- Horton AA, Walton A, Spurgeon DJ, Lahive E, Svendsen C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Sci Total Environ*; 586, 127-141.
- Huang, Y., Liu, Q., Jia, W., Yan, C., Wang, J. (2020). Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. *Environmental Pollution*, 260, 114096.
- Huang, S., Huang, X., Bi, R., Guo, Q., Yu, X., Zeng, Q., Huang, Z., Liu, T., Wu, H., Chen, Y., Xu, J., Wu, Y., Guo, P. (2022). Detection and analysis of microplastics in human sputum. *Environmental Science & Technology*, 56(4), 2476- 2486.
- Kannan, K., Vimalkumar, K. (2021). A review of human exposure to microplastics and insights into microplastics as obesogens. *Frontiers in Endocrinology*, 12, 724989.
- Kadac-Czapska, K., Trzebiatowska, P. J., Knez, E., Zaleska-Medynska, A., Grembecka, M. (2023). Microplastics in food-a critical approach to definition, sample preparation, and characterisation. *Food Chemistry*, 135985.
- Kedzierski M, Lechat B, Sire O, Le Maguer G, Le Tilly V, Bruzaud S. (2020). Microplastic contamination of packaged meat: Occurrence and associated risks. *Food Packaging Shelf*; 24,100489.
- Kim, J.S., Lee, H.J., Kim, S.K., Kim, H.J. (2018). Global Pattern of Microplastics (MPs) in Commercial Food-Grade Salts: Sea Salt as an Indicator of Seawater MP Pollution. *Environmental Science and Technology*, 52(21), 12819-28
- 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.
- Koelmans AA, Redondo-Hasselerharm, PE, Nor NHM, de Ruijter VN, Mintenig, SM, Kooi M. (2022). Risk assessment of microplastic particles. *Nat Rev Mater*;7(2):138-152.
- Kosuth M, Mason SA, Wattenberg EV. (2018). Anthropogenic Contamination of Tap Water, Beer, and Sea Salt. *PloS one*, 13(4): 1-18.
- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I., Shruti, V. C. (2020). Review of current trends, advances and analytical challenges for microplastics contamination in Latin America. *Environmental Pollution*, 267, 115463.
- Kılınç, G. E., & Keser, A. (2021). Besinlerle alınan endokrin bozucuların pubertal gelişim üzerine etkisi. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 14(2), 342-353. <https://doi.org/10.26559/mersinsbd.842650>
- Kirstein IV, Kirmizi S, Wichels A, Garin-Fernandez A, Erler R, Löder M. et al. (2016). Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. *Mar Environ Res*;120,1- 8.
- Kwon JH, Kim JW, Pham TD, Tarafdar A, Hong S, Chun SH et al. (2020). Microplastics in food: a review on analytical methods and challenges. *Int J Environ Res Public Health*;17(18):6710. 4.
- Leslie, H. A., Van Velzen, M. J., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, 107199.
- Liebezeit G, Liebezeit E. Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food Addit Contam Part A* 2014; 31(9), 1574-1578.

- Liu, Q., Chen, Z., Chen, Y., Yang, F., Yao, W., Xie, Y. (2022). Microplastics contamination in eggs: Detection, occurrence and status. *Food Chemistry*, 397, 133771.
- Lusher, A., Hollman, P., Mendoza, J. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety.
- Mintenig SM., Int-Veen I., Löder MGJ., Primpke, S., Gerdt, G. (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.
- Mohamed Nor, N.H., Kooi, M., Diepens, N.J., Koelmans, A.A. (2021). Lifetime Accumulation of Microplastic in Children and Adults. *Environmental Science & Technology*, 55(8), 5084-96
- Napper I.E., Bakir A., Rowland S.J., Thompson, R.C. (2015). Characterisation, Quantity and Sorptive Properties of Microplastics Extracted From Cosmetics. *Mar Pollut Bull.* 99(1): 178-185.
- Nara, R. (2019). Microplastic Contamination of the food supply chain. *Food Safety Magazine* (December 2018), 1-12.
- Özçiğçi, Z., Basaran, B., Akçay, H. T. (2023). Microplastic contamination and risk assessment in table salts: Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 175, 113698.
- Peixoto, D., Pinheiro, C., Amorim, J., Oliveira, L., Guilhermino, L., Vieira, M.N. (2019). Microplastic pollution in commercial salt for human consumption: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 219, 161-8.
- Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of the Total Environment*, 643, 1644-1651.
- Pironti, C., Ricciardi, M., Motta, O., Miele, Y., Proto, A., Montano, L. (2021). Microplastics in the environment: intake through the food web, human exposure and toxicological effects. *Toxics*, 9(9), 224.
- Plastics Europe, EPRO, *Plastics - the Facts*, (2022). An analysis of European plastics production, demand and waste data 34. (<https://plasticseurope.org/knowledgehub/plastics-the-facts-2022/>).
- Prata, Joana C., Paço, A., Reis, V., da Costa, J.P., Fernandes, A.J.S., da Costa, F.M., Duarte, A.C., Rocha-Santos, T., (2020). Identification of microplastics in white wines capped with polyethylene stoppers using micro-Raman spectroscopy. *Food Chemistry*, 331, 127–323.
- Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Andrady, A. L., Duarte, A. C., Rocha-Santos, T. (2021). A One Health perspective of the impacts of microplastics on animal, human and environmental health. *Science of the Total Environment*, 777, 146094.
- Rainieri, S., Barranco, A. (2019). Microplastics, a food safety issue? *Trends in Food Science and Technology*, 84, 55-7.
- Rochman, C.M., Parnis, J.M., Browne, M.A., Serrato, S., Reiner, E.J., Robson, M., Young, T., Diamond, M.L., Teh, S.J. (2017). Direct and indirect effects of different types of microplastics on freshwater prey (*Corbicula fluminea*) and their predator (*Acipenser transmontanus*). *PLOS ONE* 12(11): e0187664.
- Sewwandi M, Wijesekara H, Rajapaksha AU, Soysa S, Vithanage M. Microplastics and plastics-associated contaminants in food and beverages; Global trends, concentrations, and human exposure. *Environ Pollut* 2023; 317, 120747.
- Shruti, V. C., Pérez-Guevara, F., ElizaldeMartínez, I., Kutralam-Muniasamy, G. (2020). First study of its kind on the microplastic contamination of soft drinks, cold tea and energy drinks-Future research and environmental considerations. *Science of the Total Environment*, 726, 138580.
- Sridhar, A., Kannan, D., Kapoor, A., Prabhakar, S. (2022). Extraction and detection methods of microplastics in food and marine systems: a critical review. *Chemosphere*, 286, 131653.

- Sezer, C. (2024). *Sıcak içeceklerde kullanılan bardaklarda bisfenol migrasyonunun belirlenmesi* (Master's thesis, Balıkesir University (Turkey)).
- Silva, A. L. P., Prata, J. C., Walker, T. R., Campos, D., Duarte, A. C., Soares, A. M., Rocha-Santos, T. (2020). Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Science of the Total Environment*, 742, 140565.
- Shim WJ, Hong SH, Eo SE. (2017). Identification methods in microplastic analysis: a review. *Anal methods*;9(9):1384-1391.
- Schymanski D, Goldbeck C, Humpf HU., Fürst, P. (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
- Udovicki B, Andjelkovic M, Cirkovic-Velickovic T, Rajkovic A. (2022). Microplastics in food: scoping review on health effects, occurrence, and human exposure. *Int J Food Contam*;9(1):7.
- Verla, A.W., Enyoh, C.E., Verla, E.N., Nwarnorh, K.O. (2019). Microplastic-toxic chemical interaction: a review study on quantified levels, mechanism and implication. *SN Applied Sciences*, 1(11), 1-30, Doi: 10.1007/s42452-019-1352-0
- Wright, S.L., Kelly, F.J. (2017). Plastic and human health: A micro issue? *Environmental Science and Technology*, 51(12), 6634-47.
- Wang, W., Gao, H., Jin, S., Li, R., Na, G. (2019). The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 173, 110-7.
- Xing D, Hu Y, Sun B, Song F, Pan Y, Liu S, Zheng, P. (2023). Behavior, Characteristics and Sources of Microplastics in Tea. *Hortic*; 9(2),174.
- Yong, C. Q. Y., Valiyaveetil, S., Tang, B. L. (2020). Toxicity of microplastics and nanoplastics in mammalian systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(05), 1509.
- Yin K, Wang D, Zhang Y, Lu H, Wang Y, Xing M. (2023). Dose-effect of polystyrene microplastics on digestive toxicity in chickens (*Gallus gallus*): Multi-omics reveals critical role of gut-liver axis. *J Adv Res*; 52, 3-18
- Zhang, Q., Liu, L., Jiang, Y., Zhang, Y., Fan, Y., Rao, W., Qian, X. (2023). Microplastics in infant milk powder. *Environmental Pollution*, 323, 121225.