

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA

IZABELA DE CASTRO DA SILVA
JAILSON LUIZ OLIVEIRA DA SILVA
MARIA ALESSANDRA DE SOUZA BARROS

Microplástico e Nanoplástico e Sua Relevância Para a Saúde Humana

RECIFE/2024

**IZABELA DE CASTRO DA SILVA
JAILSON LUIZ OLIVEIRA DA SILVA
MARIA ALESSANDRA DE SOUZA BARROS**

Microplástico e Nanoplástico e Sua Relevância Para a Saúde Humana

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Disciplina TCC II do
Curso de Bacharelado em Biomedicina
do Centro Universitário Brasileiro -
UNIBRA, como parte dos requisitos
para conclusão do curso.

Orientador(a): Prof. Luiz Maia.

RECIFE
2024

**ADRIELE DA SILVA BARBOSA CORREIA
HEMILLY VICTÓRIA FERREIRA DA SILVA
LETYCIA DE BARROS BARBOSA FERREIRA**

Microplástico e Nanoplástico e Sua Relevância Para a Saúde Humana

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina TCC II do Curso de Biomedicina do Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Examinadores:

Orientador – Luiz Maia

Examinador 1 – Titulação

Examinador 2 - Titulação

Nota: _____

Data: ____/____/____

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos às pessoas que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Primeiramente, agradecemos a Deus, gostaríamos de expressar Nossa profunda gratidão ao nosso professor orientador, Luiz Maia.

Agradecemos também ao nosso amigo José Roberto De Seixas por sua contribuição e por toda ajuda.

Um agradecimento Especial aos nossos familiares que nos apoiaram Mães, pais, irmãos...

Eu Jailson Luiz, filho de Jacira de Oliveira, dedico um profundo agradecimento. amor incondicional, apoio constante e incentivo foram a força matriz por trás de cada passo dado nesta jornada. Sem sua presença e apoio, este trabalho não teria sido possível.

Gostaríamos de agradecer à nossa amiga Angélyca Nayara Por todo o Incentivo, apoio emocional, e compreensão. A todos vocês, nosso mais sincero obrigado por fazerem parte desta jornada e por contribuírem para o nosso crescimento acadêmico e pessoal.

EPÍGRAFE

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível.”

Max Weber

RESUMO

O objetivo do presente estudo é explorar o surgimento, o propósito e a relevância dos microplásticos e nanoplásticos para a saúde humana, enquanto lança luz sobre os desafios que dificultam a compreensão e mitigação dessas partículas. Para tanto, foi realizada uma revisão integrativa da literatura, cujas buscas foram realizadas nas bases de dados da SCIELO, BDTD e BVS. Foram utilizados os seguintes descritores: “microplásticos”, “nanoplásticos” “saúde”. Após as buscas, 7 estudos que obedeceram aos critérios de elegibilidade e fizeram parte dos resultados. O estudo evidenciou que os micro e nanoplásticos são uma preocupação crescente devido ao seu potencial tóxico para os seres vivos. Os achados mostraram que a exposição a essas partículas pode prejudicar funções celulares e teciduais, comprometendo a integridade de barreiras biológicas, além de promover estresse oxidativo e desencadear inflamações, especialmente em células intestinais. Os efeitos adversos identificados, principalmente em exposições prolongadas, reforçam a necessidade de intensificar o controle sobre a poluição plástica e implementar políticas eficazes para mitigar os riscos ambientais e à saúde humana. Pesquisas futuras devem focar em desvendar os mecanismos moleculares envolvidos e investigar as consequências de longo prazo da presença dessas partículas no meio ambiente e nos sistemas biológicos.

Palavras-Chaves: Microplásticos, Riscos, Toxicidade.

ABSTRACT

The aim of this study is to explore the emergence, purpose, and relevance of microplastics and nanoplastics to human health, while shedding light on the challenges that hinder the understanding and mitigation of these particles. To achieve this, an integrative literature review was conducted, with searches performed in the SCIELO, BDTD, and BVS databases. The following descriptors were used: "microplastics," "nanoplastics," and "health." After the searches, seven studies that met the eligibility criteria were included in the results. The study demonstrated that microplastics and nanoplastics are a growing concern due to their toxic potential for living organisms. The findings revealed that exposure to these particles can impair cellular and tissue functions, compromising the integrity of biological barriers, as well as promoting oxidative stress and triggering inflammation, especially in intestinal cells. The adverse effects identified, particularly in cases of prolonged exposure, emphasize the need to intensify control over plastic pollution and implement effective policies to mitigate environmental and human health risks. Future research should focus on unraveling the molecular mechanisms involved and investigating the long-term consequences of these particles' presence in the environment and biological systems.

Keywords: Microplastics, Risks, Toxicity.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
2 Materiais e métodos.....	9
3 Resultados e discussão.....	10
4 Conclusões.....	13
Referências.....	14

1. Introdução

Os microplásticos são fragmentos de plástico com tamanho inferior a 5 milímetros, enquanto os nanoplásticos são ainda menores, com dimensões na ordem de nanômetros. A disseminação desse material na biosfera é um fenômeno relativamente recente, datando das últimas décadas, impulsionado principalmente pelo aumento da produção e uso de plásticos em escala global ¹(Geyer et al., 2017).

Os plásticos encontrados no nosso ambiente estão se tornando uma preocupação para a saúde individual e populacional. Até o momento foi relatado o surgimento de microplásticos no corpo humano, como fezes, sangue, placenta, vias aéreas inferiores e pulmões ².

Inicialmente, o propósito dos plásticos era facilitar a vida moderna, oferecendo materiais versáteis e duráveis para uma variedade de aplicações industriais e cotidianas. No entanto, à medida que a produção e o descarte de plásticos aumentaram exponencialmente, surgiu uma problemática ambiental e de saúde pública associada aos microplásticos e nanoplásticos. A contaminação de ecossistemas aquáticos, solos, alimentos e até mesmo do ar com essas partículas minúsculas tem levantado questões sobre os potenciais impactos para a saúde humana ³.

Estudos têm sugerido que essas partículas podem atuar como vetores para a transferência de produtos químicos tóxicos, como poluentes orgânicos persistentes (POPs) e metais pesados, para organismos vivos, incluindo humanos. Além disso, a ingestão inadvertida de microplásticos através da cadeia alimentar tem levantado preocupações sobre os possíveis efeitos adversos na saúde, como inflamação, estresse oxidativo, disfunção gastrointestinal e alterações hormonais ⁴.

A incapacidade do sistema imunológico de remover partículas sintéticas pode levar à inflamação crônica e aumentar o risco de Neoplasias. No entanto, compreender e abordar eficazmente o problema dos microplásticos e nanoplásticos na saúde humana enfrenta diversos desafios. Um dos principais obstáculos é a complexidade e a falta de padronização nos métodos de detecção, quantificação e análise dessas partículas, dificultando a avaliação precisa de seus efeitos sobre a saúde. Além disso, a falta de legislação abrangente e políticas eficazes de gestão de resíduos contribui para a persistência da contaminação por plásticos em todo o mundo ⁵.

Em suma, os microplásticos e nanoplásticos representam uma questão de grande relevância para a saúde humana, com implicações significativas e complexas que exigem uma abordagem multidisciplinar e coordenada ⁶. Este trabalho busca contribuir para uma compreensão mais abrangente dessas partículas e dos desafios associados à sua mitigação, visando promover a saúde e a sustentabilidade ambiental.

Diante desse contexto o objetivo geral do presente estudo é explorar o surgimento, o propósito e a relevância dos microplásticos e nanoplásticos para a saúde humana, enquanto lança luz sobre os desafios que dificultam a compreensão e mitigação dessas partículas. Especificamente, busca-se neste trabalho: Investigar a disseminação dos microplásticos e nanoplásticos na biosfera e seu impacto nos ecossistemas aquáticos, solos, alimentos e ar; analisar os potenciais efeitos adversos na saúde humana decorrentes da exposição aos microplásticos e nanoplásticos, incluindo a transferência de produtos químicos tóxicos e os possíveis efeitos fisiológicos; e identificar os desafios existentes na detecção, quantificação e análise dessas partículas, bem como na implementação de políticas eficazes de gestão de resíduos para mitigar a contaminação por plásticos.

2. Material e Métodos

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura com abordagem descritiva e qualitativa. A pesquisa descritiva tem como objetivo apresentar as características de um fenômeno ou população por meio de técnicas padronizadas de coleta de dados. Esse tipo de investigação se concentra na observação, registro, classificação, análise e interpretação dos dados, sem intervenção do pesquisador, e não requer um método específico para a busca de dados ou para a apresentação dos resultados. Isso permite ao pesquisador maior flexibilidade na elaboração e apresentação do estudo.

As buscas foram conduzidas entre agosto e novembro de 2024, nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Base de Dados de Teses e Dissertações (BDTD) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Para orientar a pesquisa, foram utilizados os descritores em Ciências da Saúde

(DeCs): “microplásticos”, “nanoplásticos” “saúde”, bem como suas versões na língua inglesa - “microplastic”, “nanoplastics” e “health”. Os critérios de elegibilidade incluíram trabalhos completos disponíveis nas bases de dados, textos publicados entre 2019 e 2024, em português ou inglês, e estudos que abordassem o tema proposto. Como critério de exclusão, foram descartados estudos que não tratavam da temática em questão, textos em duplicata e indisponíveis na íntegra.

3. Resultados e Discussão

Após a adição dos descritores nas bases de dados, foram encontrados 153 estudos. Entre estes, foram excluídos: 8 por estarem em duplicata, 55 por estarem fora do espaço temporal (últimos 5 anos), 35 por não estarem condizentes com os objetivos deste estudo, 26 por não estarem condizentes com a temática proposta e 22 por não estarem disponíveis na íntegra. Isso resultou em 7 estudos que obedeceram aos critérios de elegibilidade, descritos no quadro 1.

Quadro 1 Caracterização dos artigos da amostra

Autor / Ano	Título	Principais Achados
⁷ Chen et al., 2019	Effects of oral exposure to titanium dioxide nanoparticles on gut microbiota and gut-associated metabolism in vivo	As nanopartículas (NPs) de TiO ₂ oriundas de nanoplásticos ingeridos oralmente podem induzir distúrbios da microbiota intestinal e do metabolismo associado ao intestino in vivo. A via indireta do estresse oxidativo e da resposta inflamatória, provavelmente devido principalmente à disbiose da microbiota intestinal
⁸ Valente et al., 2020	Avaliação do potencial citotóxico de microplásticos em linhas celulares intestinais, hepáticas e neuronais.	Os testes de viabilidade celular utilizando diferentes linhagens a diferentes tipos de microplásticos apontaram que esses materiais são potencialmente tóxicos a linhagens neuronais, hepáticas, representando u risco à saúde humana.
⁹ Banerjee et al., 2021	Uptake and toxicity of polystyrene micro/nanoplastics in gastric cells: Effects of particle size and surface functionalization	O estudo revela que partículas de menor tamanho (50 nm) são mais danosas às células gástricas quando comparadas às partículas de tamanho maior. Além disso, partículas com carga positiva em sua superfície causam uma toxicidade mais intensa em relação às de carga negativa. Entre os parâmetros analisados, o tamanho das partículas aparenta ser o fator mais determinante na influência da toxicidade.
¹⁰ Domenech et al., 2021	Long-Term Effects of Polystyrene Nanoplastics in Human Intestinal Caco-2 Cells	Os resultados obtidos atestam que as nanopartículas de poliestireno (PSNPs) se acumulam nas células ao longo do tempo, induzindo mudanças nos níveis ultraestrutural e molecular. No entanto, pequenas mudanças nos diferentes biomarcadores relacionados à genotoxicidade avaliados foram observadas. Isso indicaria que nenhum dano ao DNA ou estresse oxidativo é observado nas células Caco-2 intestinais humanas após exposição de longo prazo aos PSNPs.
¹¹ Visalli et al., 2021	Acute and Sub-Chronic Effects of Microplastics (3 and 10 µm) on the Human Intestinal Cells HT-29.	Linhagens de células intestinais expostas a microplásticos de poliestireno apresentaram dano oxidativo. Isso indica que a exposição prolongada a esses materiais pode desencadear distúrbios intestinais. Em exposições prolongadas, as células apresentaram danos cumulativos, como disfunção na barreira epitelial, maior permeabilidade celular e inflamação persistente. As

		partículas de 3 µm também induziram uma resposta inflamatória mais intensa em comparação com as de 10 µm.
¹² Yee et al., 2021	Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health	O impacto dos microplásticos e nanoplásticos na saúde humana é uma questão urgente, que requer atenção tanto da comunidade científica quanto de formuladores de políticas. O texto destaca os potenciais riscos associados à exposição contínua a essas partículas e enfatiza a necessidade de maior conscientização e ação para mitigar seus efeitos.
¹³ Menéndez-Pedriz, Jaumot, Bedia, 2022	Lipidomic analysis of single and combined effects of polyethylene microplastics and polychlorinated biphenyls on human hepatoma cells	A análise lipidômica sugeriu que a exposição de linhagens de células hepáticas a microplásticos induziu mudanças lipidômicas significativas.
¹⁴ Hernandez ET AL., 2019.	Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea	O estudo reforça a necessidade de adoção de saquinhos de chá biodegradáveis ou feitos de papel como alternativas mais seguras e sustentáveis. Além disso, os consumidores devem ser informados sobre os riscos associados a produtos embalados em plástico, incentivando escolhas mais conscientes.
¹⁵ Horvatits et al., 2022	Microplastics detected in cirrhotic liver tissue	Avaliou a presença de MPs em tecido hepático humano e encontrou seis polímeros de MP diferentes no fígado de indivíduos com cirrose hepática, mas não naqueles sem doença hepática subjacente. Estudos futuros são necessários para avaliar se o acúmulo de MP hepático representa uma causa potencial na patogênese da fibrose, ou uma consequência da cirrose e hipertensão portal.
¹⁶ Jenner et al., 2022	Detection of Microplastics in Human Lung Tissue Using µFTIR Spectroscopy.	

Fonte: Própria autoria, 2024

A toxicidade relacionada à ingestão de microplásticos provavelmente varia conforme o tamanho das partículas, os produtos químicos presentes nelas e a quantidade absorvida. O conhecimento geral ainda é restrito quanto às fontes, destino, exposição, biodisponibilidade e toxicidade dos microplásticos e de seus componentes químicos, tanto nos ambientes marinho e terrestre, quanto no aéreo (micropartículas suspensas)¹⁷.

Nesse contexto, o estudo de Visalli et al.¹¹ buscou investigar os efeitos agudos e subcrônicos de microplásticos com tamanhos de 3 µm e 10 µm sobre as células intestinais humanas, considerando a crescente exposição humana a esses poluentes. O estudo utilizou microplásticos de dois tamanhos para analisar seu impacto em diferentes períodos de exposição: efeitos agudos (curto prazo) e efeitos subcrônicos (longo prazo) foram observados nas células. A toxicidade foi avaliada com base na viabilidade celular, resposta inflamatória e capacidade das células de manter suas funções normais. Microplásticos de 3 µm causaram maior toxicidade nas células em comparação com as partículas de 10 µm, sugerindo que partículas menores podem penetrar mais facilmente nas células, causando danos mais graves.

O trabalho de Domenech et al.¹⁰ buscou avaliar os efeitos prolongados da exposição a nanoplásticos de poliestireno nas células intestinais Caco-2, que são amplamente utilizadas como modelo de barreira intestinal humana. O estudo utilizou nanoplásticos de poliestireno para simular condições de exposição contínua nas células intestinais humanas. As células Caco-2 foram expostas por longos períodos, o que permitiu a análise de viabilidade celular, inflamação e estresse oxidativo. Os resultados do estudo apontam efeitos adversos significativos decorrentes da exposição prolongada aos

nanoplásticos de poliestireno, com redução da viabilidade celular, comprometimento da barreira intestinal, além aumento do estresse oxidativo e inflamação.

Ainda sobre os efeitos intestinais de micro e nanoplásticos, o estudo de Chen et al.⁷ aborda os impactos da exposição oral a nanopartículas de dióxido de titânio (TiO₂) no microbioma intestinal e no metabolismo associado ao intestino em organismos vivos. O dióxido de titânio é amplamente utilizado como aditivo alimentar e em produtos farmacêuticos e cosméticos, o que levanta preocupações sobre os efeitos de sua ingestão crônica. Os experimentos foram conduzidos in vivo, analisando os seguintes aspectos: composição da microbiota intestinal; metabolismo intestinal; e inflamação e barreira intestinal. Os resultados sugerem que a exposição oral crônica a nanopartículas de dióxido de titânio pode ter efeitos adversos substanciais no microbioma intestinal e nos processos metabólicos associados. Isso é preocupante, pois o desequilíbrio da microbiota (disbiose) está associado a várias condições de saúde, incluindo doenças inflamatórias intestinais, obesidade e até distúrbios metabólicos sistêmicos.

Nessa linha, outros estudos apontam que, no caso da ingestão via oral, os microplásticos (MPS) podem atravessar a barreira intestinal e alcançar a circulação sistêmica, com variações dependendo de seu tamanho e composição química. A formação de uma "coroa de proteínas" após a interação com proteínas pode também facilitar essa translocação, aumentando, assim, a biodisponibilidade das nanopartículas plásticas (NPS). A absorção dessas partículas pode provocar estresse oxidativo, o que pode levar a danos celulares e aumentar a vulnerabilidade ao desenvolvimento de distúrbios neurológicos, hepáticos e digestivos. O trato gastrointestinal humano é o local mais suscetível à exposição aos microplásticos (MPs), o que pode resultar em disfunção da barreira intestinal e inflamação^{9,10,13}.

Em seu estudo, Valente et al.⁸ avaliaram a citotoxicidade de PE, PA-nylon 12 e PVC em três linhas celulares distintas: células do intestino (Caco-2), do fígado (HepG2) e neurônios (N27). De maneira geral, os microplásticos testados mostraram toxicidade para as linhas celulares N27 e HepG2, exceto o PE nesta última. Em contrapartida, nas células Caco-2, não foram observadas reduções significativas na viabilidade celular. Ainda sobre a relação entre os microplásticos e o tecido hepático, o estudo de Horvatits et al.¹⁵ demonstrou que indivíduos com fígado cirrótico apresentam maior propensão ao acúmulo de microplásticos, quando comparados a indivíduos sem esse tipo de lesão hepática.

O trabalho de Yee et al.¹² buscou avaliar os efeitos adversos potenciais da exposição a microplásticos (MPs) e nanoplásticos (NPs) no corpo humano. O estudo ressalta que, embora a poluição por MPs e NPs seja um problema crescente, ainda há muitas incertezas quanto aos efeitos diretos dessas partículas na saúde humana. Esse artigo destaca a necessidade de políticas públicas voltadas à redução da produção e dispersão de plásticos, bem como uma maior conscientização sobre os impactos ambientais e de saúde pública que os MPs e NPs representam. A crescente presença dessas partículas no meio ambiente e nos organismos humanos representa um novo desafio que requer atenção urgente.

O estudo de Jenner et al.¹⁶ investiga a presença de MPs nos pulmões humanos, utilizando espectroscopia μ FTIR para identificar e caracterizar esses contaminantes. Foram analisadas 13 amostras de tecido pulmonar, nas quais foram detectados 39 microplásticos em 11 dessas amostras, com uma média de 1,42 partículas por grama de tecido. Entre os materiais encontrados, os mais comuns incluíram polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) e resina. A concentração foi significativamente maior na região inferior dos pulmões, indicando possível acúmulo. Os autores reforçam a hipótese de que a inalação é uma via relevante para a exposição humana a microplásticos, sugerindo implicações preocupantes para a saúde respiratória. Outros estudos corroboram esses achados, especialmente por relatos que apontam sintomas respiratórios após exposição a níveis ocupacionais de MPs em ambientes industriais¹⁸.

Diversos outros estudos demonstram a os efeitos dos micro e nanoplásticos no período gestacional, com efeitos adversos na placenta e no desenvolvimento fetal, além a presença desses compostos no leite materno e sangue¹⁹. Portanto, essas substâncias encontrados em nosso ambiente cotidiano estão se tornando uma preocupação crescente para a saúde individual e populacional, e a extensão da exposição e os potenciais efeitos tóxicos desses contaminantes em vários sistemas de órgãos humanos estão se tornando claros.

4. Conclusão

Diante dos achados, foi possível evidenciar que a toxicidade de micro e nanoplásticos está relacionada com o tamanho e a quantidade das partículas ingeridas, de modo que partículas menores podem penetrar mais facilmente nas células, causando danos mais graves. Além disso, a exposição prolongada aos nanoplásticos de poliestireno e de dióxido de titânio causam efeitos adversos consideráveis, como a diminuição da viabilidade celular, danos à barreira intestinal e aumento do estresse oxidativo e da inflamação. Micro e nanoplásticos podem ser encontrados em produtos jogados no meio ambiente como nylon e PVC.

A presente pesquisa demonstrou que micro e nanoplásticos representam uma preocupação crescente devido ao seu potencial tóxico para os organismos vivos. Os resultados indicaram que a exposição a essas partículas pode comprometer funções celulares e teciduais, afetando a integridade de barreiras biológicas, promovendo estresse oxidativo e desencadeando respostas inflamatórias. Além disso, os efeitos adversos observados, especialmente em níveis crônicos de exposição, destacam a necessidade de maior controle sobre a poluição plástica e o desenvolvimento de políticas eficazes para minimizar os riscos ambientais e à saúde humana. Futuros estudos devem se concentrar em elucidar os mecanismos moleculares envolvidos e em avaliar as implicações de longo prazo da presença dessas partículas no ambiente e nos sistemas biológicos.

5. Referências

1. Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made. *Science Advances*. 2017 Jul 19;3(7).
2. Zurub RE, Bainbridge S, Rahman L, Halappanavar S, Darine El-Chaâr, Wade MG. Particulate Contamination of Human Placenta: Plastic and non-plastic. *Environmental Advances*. 2024 Oct 1;17:100555–5.
3. Bugatti C, Almeida KC de, Guimarães MS de A, Amâncio N de FG. Microplastics and Nanoplastic and their relevance in human health: literature review. *RSD*. 2023;12(1):e6712139302.
4. Cruz EMT da, Almeida FR de. Exposição a nano e microplásticos e seus impactos na saúde humana: uma revisão da literatura. *Rease*. 2023;9(6):2355-7.
5. Hirt N, Body-Malapel M. Immunotoxicity and intestinal effects of nano- and microplastics: a review of the literature. *Particle and Fibre Toxicology*. 2020 Nov 12;17(1).
6. Yang D, Zhu J, Zhou X, Pan D, Nan S, Yin R, Lei Q, Ma N, Zhu H, Chen J, Han L, Ding M, Ding Y. Polystyrene micro- and nano-particle coexposure injures fetal thalamus by inducing ROS-mediated cell apoptosis. *Environ Int*. 2022 Aug;166:107362
7. Chen Z , Han S , Zhou D , Zhou S , Jia G . Effects of oral exposure to titanium dioxide nanoparticles on gut microbiota and gut-associated metabolism in vivo. *Nanoscale*. 2019 Nov 28;11(46):22398-22412.
8. Valente, J. V., et al. Avaliação do potencial citotóxico de microplásticos em linhas celulares intestinais, hepáticas e neuronais. *Revista Captar: Ciência e Ambiente para Todos*. 2021;10:4-4.
9. Domenech J, de Britto M, Velázquez A, Pastor S, Hernández A, Marcos R, et al. Long-Term Effects of Polystyrene Nanoplastics in Human Intestinal Caco-2 Cells. *Biomolecules*. 2021 Oct 1;11(10):1442.
10. Banerjee A, Billey LO, Shelver WL. Uptake and toxicity of polystyrene micro/nanoplastics in gastric cells: Effects of particle size and surface functionalization. *PLoS One*. 2021 Dec 31;16(12):e0260803.
11. Visalli G, Facciola A, Pruiti Ciarello M, De Marco G, Maisano M, Di Pietro A. Acute and Sub-Chronic Effects of Microplastics (3 and 10 µm) on the Human Intestinal Cells HT-29. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 May 28;18(11):5833.
12. Yee MS-L, Hii L-W, Looi CK, Lim W-M, Wong S-F, Kok Y-Y, Tan B-K, Wong C-Y, Leong C-O. Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health. *Nanomaterials*. 2021; 11(2):496.
13. Menéndez-Pedriz A, Jaumot J, Bedia C. Lipidomic analysis of single and combined effects of polyethylene microplastics and polychlorinated biphenyls on human hepatoma cells. *J Hazard Mater*. 2022;421:126777.
14. Hernandez LM, Xu EG, Larsson HCE, Tahara R, Maisuria VB, Tufenkji N. Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea. *Environmental Science & Technology*. 2019;53(21):12300–10.
15. Horvatits T, Tamminga M, Liu B, Sebode M, Carambia A, Fischer L, Püschel K, Huber S, Fischer EK. Microplastics detected in cirrhotic liver tissue. *EBioMedicine*. 2022;82:104147.
16. Jenner LC, Rotchell JM, Bennett RT, Cowen M, Tentzeris V, Sadofsky LR. Detection of Microplastics in Human Lung Tissue Using µFTIR Spectroscopy. *Science of The Total Environment*. 2022;831:154907

17. Zarus GM, Muianga C, Hunter CM, Pappas RS. A review of data for quantifying human exposures to micro and nanoplastics and potential health risks. *Sci Total.* 2020;144010.
18. Prata JC. Airborne microplastics: Consequences to human health? *Environmental Pollution.* 2018;234:115–26.
19. Barceló D, Picó Y, Alfarhan AH. Microplastics: Detection in human samples, cell line studies, and health impacts. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2023 Aug;101:10420