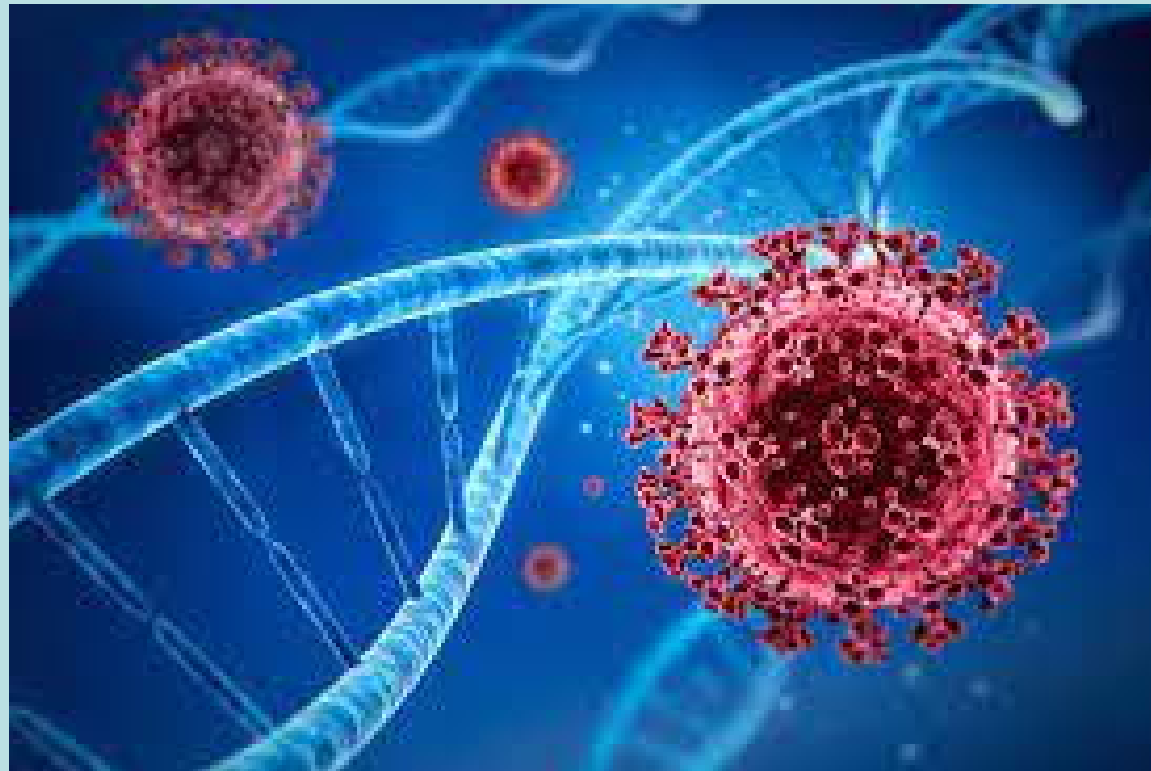


# Genetica 6

Cosa c'è di nuovo in genetica?



Rita Dougan 2023

# Dopo 70 anni di plastica

Negli anni Cinquanta la plastica cominciò a invadere campi tradizionalmente occupati da altri materiali, dalle costruzioni ai trasporti, al packaging, all'oggettistica.

La durabilità, tra le sue qualità inizialmente più apprezzate, cominciò ad apparire come un problema grave già dagli anni Settanta, ma finì per essere considerata seriamente solo nell'ultima decade del secolo.

Esempio: la durata prevista per la degradazione di una bottiglia in PET varia da 16 a 48 anni, a seconda delle condizioni ambientali

PET: polietilene tereftalato

# Degradazione delle materie plastiche

Ogni tipo di trasformazione che influenza composizione, proprietà e prestazioni originali di un materiale plastico si definisce **degradazione**.

Quando della plastica viene rilasciata nell'ambiente a causa di uno smaltimento inadeguato e degli effetti delle attività umane e della natura, il materiale di cui è composta è esposto a:

- calore
- radiazioni elettromagnetiche (in particolare UV)
- agenti ossidanti (ossigeno e umidità)
- stress fisico-meccanico (vento, moto ondoso, variazioni di temperatura, ecc.)

# Classificazione dei frammenti

La degradazione delle materie plastiche dà origine a frammenti che sono generalmente classificati per dimensioni :

- **macroplastiche** (> 25 mm),
- **microplastiche** (5 mm-0,01 mm) 5000 - 0,1 micrometri
- **nanoplastiche** (da 0,1 a 0,001micrometri)

A causa delle loro dimensioni ridotte, questi inquinanti non vengono bloccati dai sistemi di filtrazione dell'acqua. Ecco perché finiscono negli oceani o in altri corpi idrici. Sono la causa di seri danni all'ambiente, danneggiando l'ecosistema, e per la salute di animali e per l'uomo.



# Microplastiche

Le **microplastiche** e le **nanoplastiche** sono piccole particelle di plastica che derivano dalla frammentazione di rifiuti di vario tipo:  
bottiglie, flaconi di prodotti cosmetici,  
capi d'abbigliamento in pile e in tessuti sintetici.

Questi frammenti sono spesso difficili da osservare o, nel caso delle nanoplastiche, addirittura invisibili. Il loro studio risulta particolarmente difficile perchè in commercio ci sono più di 5.300 differenti polimeri sintetici.

Un'altra caratteristica negativa delle micro- e nanoplastiche è legata alla loro **capacità di assorbire molti inquinanti ambientali** (come metalli, pesticidi, idrocarburi e diossine), oltre a **microrganismi patogeni**, e di veicarli all'interno degli organismi.

# Fonti di microplastiche

**Primarie** --> paste dentifricie,  
creme cosmetiche ed esfolianti,  
glitter

**Secondarie** --> degradazione

# Glitter





# Fonti di microplastiche

- Una recente ricerca inglese ha mostrato come il lavaggio di 6 kg d'indumenti in acrilico possa rilasciare fino a 700.000 fibre sintetiche (Napper e Thompson, 2016).
- Anche il traffico veicolare è una causa di contaminazione, legata alla generazione di microplastiche da parte dell'usura degli pneumatici.

# Inquinamento da plastiche

Ogni anno vengono versate in mare 12 milioni di tonnellate di rifiuti plastici:

- 9 da terra
- 3 da navi e dalla pesca



# Mediterraneo

Il Mediterraneo mostra livelli sempre più elevati di inquinamento da plastica:

- il 95 per cento dei rifiuti presenti nelle sue acque, nei fondali o lungo gli arenili è rappresentato da materiali plastici
- almeno il 10% di questi rifiuti marini è prodotto dalla pesca.

Li chiamano "ghost gear" o "ghost fishing", sono le reti fantasma, ma anche lenze, tronconi di palamiti, tramagli artigianali ed esche artificiali di plastica a forma di pesciolini colorati.

# "ghost fishing"

Quando vengono persi dai pescatori, sia quelli professionali sia quelli amatoriali, questi materiali plastici finiscono sul fondo e in genere non vengono recuperati

Le reti perse soffocano i coralli e le gorgonie che smettono di riprodursi.

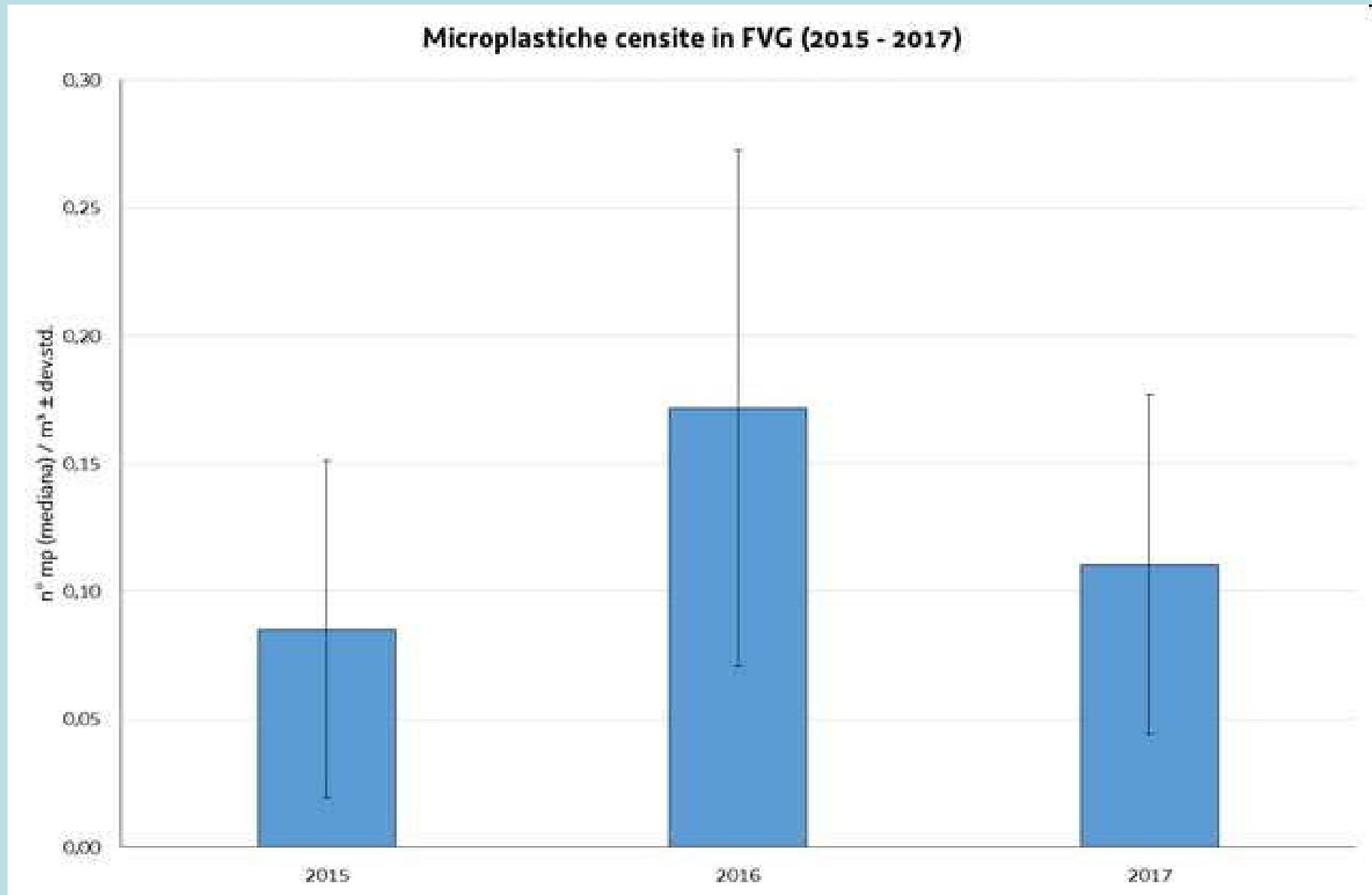
La plastica di cui sono composte con il tempo si decompone in frammenti sempre più piccoli - microplastiche e nanoplastiche - e si diffondono su tutta la colonna d'acqua

I pesci, le tartarughe e i grandi mammiferi marini li ingurgitano inconsapevolmente, in alcuni casi scambiandoli per cibo e muoiono soffocati o intossicati. Quella stessa plastica arriva poi all'uomo, quando i pesci finiscono sulla nostra tavola

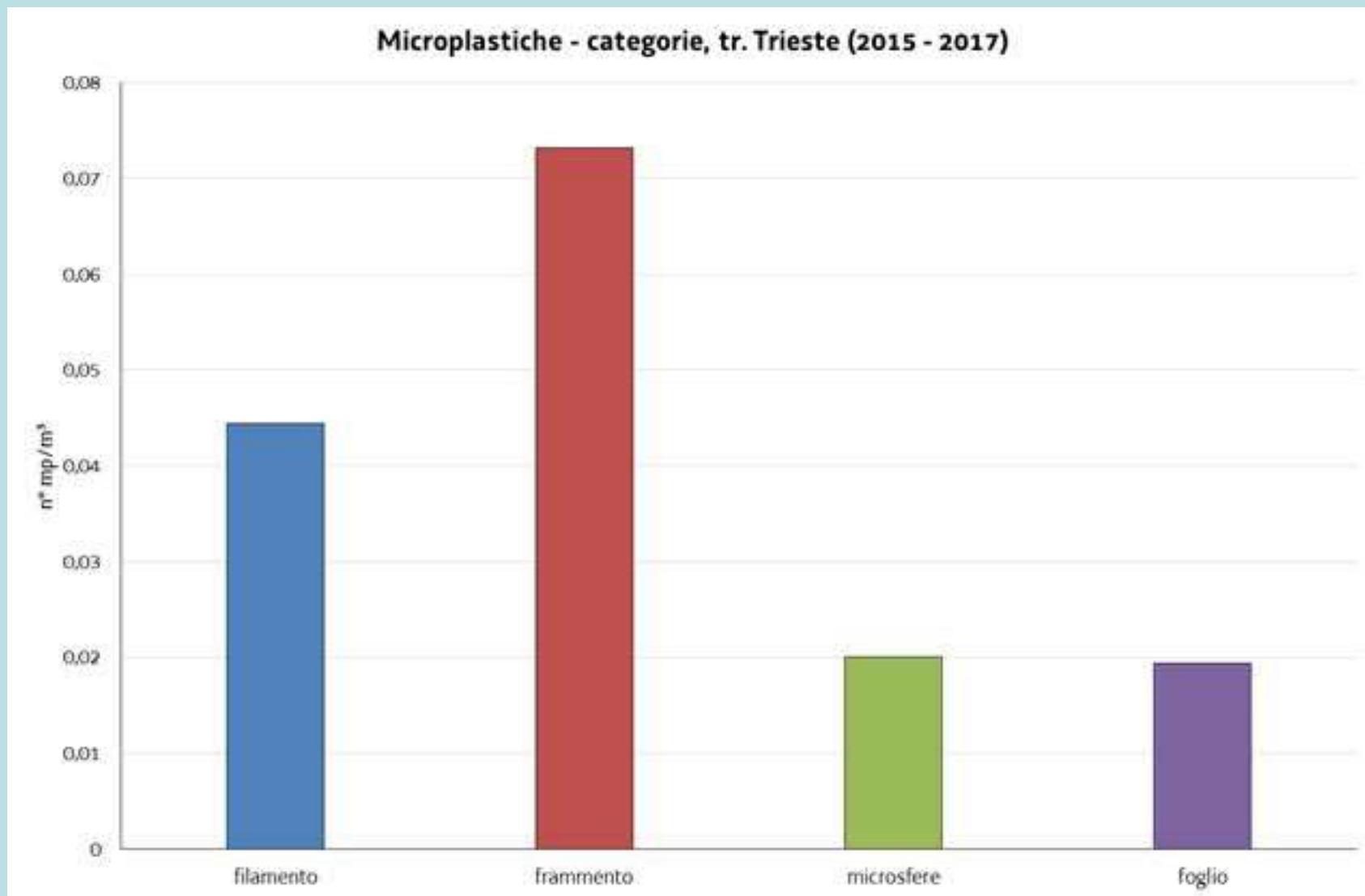
**Friuli Venezia Giulia: Geolocalizzazione dei transetti per il  
monitoraggio delle microplastiche nell'ambito della Direttiva Europea  
Strategia Marina.  
triennio di monitoraggio(2015 – 2017)**



Numero di microplastiche al m<sup>3</sup> calcolato a seguito della conclusione del primo triennio di monitoraggio per la Strategia Marina (2015 – 2017) nelle acque superficiali del Friuli Venezia Giulia. Il numero di microplastiche tra le diverse stazioni e tra le diverse stagioni è risultato essere molto variabile



Numero di microplastiche al m<sup>3</sup> suddivise nelle diverse categorie censite nel transetto di Trieste (primo triennio di monitoraggio Strategia Marina, 2015 – 2017). La forma maggiormente censita è risultata essere frammento





# Microplastiche negli alimenti

La diffusione della contaminazione da microplastiche negli alimenti, deriva dall' utilizzo della plastica in:

confezioni alimentari,  
bottiglie,  
tessuti sintetici,  
vernici,  
pneumatici per auto,  
prodotti per la cura della persona  
apparecchiature elettriche.

# Uno studio del WWF

Uno studio del WWF, dimostra che un essere umano può ingerire fino a 1.769 particelle di plastica ogni settimana anche solo bevendo acqua in bottiglia.

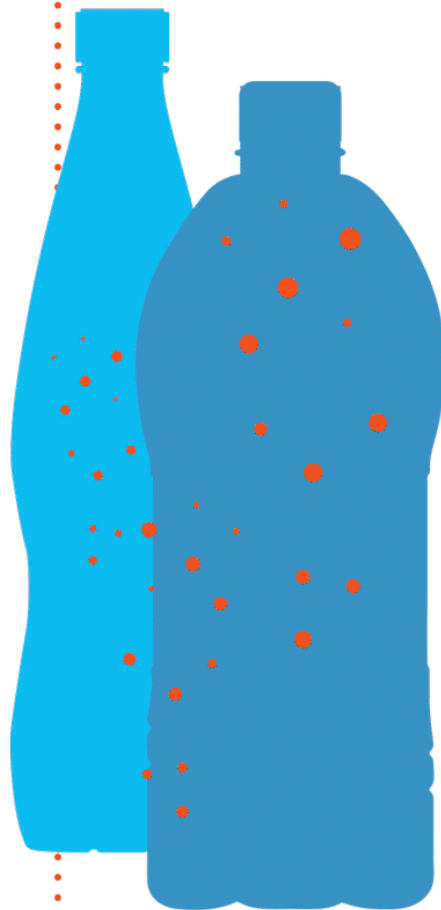
Negli Stati Uniti, il 94.4% delle acque in bottiglia contiene fibre di plastica, mentre la percentuale scende al 72.2% per l'Europa.

La media è di 9.6 fibre e 3.8 fibre di plastica per litro rispettivamente nel Nord America e in Europa.

Sembra che nell'arco di sette giorni assumiamo tanti frammenti microscopici di plastica quanto è il peso di una carta di credito, pari a 250 grammi all'anno di microplastiche, ovvero 50000 micro-particelle di plastica in un solo anno.

# La microplastica è servita

La mangiamo e la beviamo **senza accorgercene**, anche quando scegliamo un semplice **soft drink** in vendita al supermercato. Con **effetti** sul nostro organismo che cominciano ad apparire tutt'altro che trascurabili



## Nelle 18 bottiglie testate la microplastica è sempre presente

Seven Up	<b>18,89</b> mpp/l
San Benedetto Gazzosa	<b>15,75</b> mpp/l
Esselunga Gazzosa	<b>15,33</b> mpp/l
Schweppes acqua tonica	<b>14,60</b> mpp/l
Pepsi	<b>13,00</b> mpp/l
Guizza aranciata	<b>11,33</b> mpp/l
Guizza gazzosa	<b>10,00</b> mpp/l
San Benedetto Thè Limone	<b>7,33</b> mpp/l
Schweppes Cedrata	<b>7,00</b> mpp/l
Coop Thè limone	<b>6,67</b> mpp/l
Beltè Limone	<b>6,22</b> mpp/l
Fanta	<b>4,57</b> mpp/l
Coca Cola	<b>3,50</b> mpp/l
Sprite	<b>3,33</b> mpp/l
Esselunga Thè Limone	<b>2,22</b> mpp/l
San Benedetto Aranciata	<b>1,11</b> mpp/l
Thè Limone PAM	<b>1,11</b> mpp/l
Freeway Lidl - Thè al limone	<b>0,89</b> mpp/l

# Quali alimenti contengono questi materiali?

Non esistono dati sulla presenza di nanoplastiche negli alimenti, ma vi sono alcune informazioni sulle microplastiche, in particolare per l'ambiente marino.

Si registrano elevate concentrazioni nei pesci, ma poiché le microplastiche sono presenti per lo più nello stomaco e nell'intestino, che di solito vengono eliminati, i consumatori non ne risultano esposti.

Nel caso dei crostacei e dei molluschi bivalvi, come le ostriche e le cozze, il tratto digestivo viene consumato, per cui si ha una certa esposizione.

Ne è stata riferita la presenza anche nel miele, nella birra e nel sale da tavola.

# Effetti della contaminazione?

Ciò che potrebbe essere potenzialmente nocivo è la presenza di idrocarburi policiclici aromatici, (IPA) e di policlorobifenili (PCB), che possono andare ad accumularsi nelle microplastiche. Potrebbero anche esserci residui di composti utilizzati negli imballaggi, come il bisfenolo A (BPA)

EFSA ha stimato che una porzione di cozze (225g) potrebbe contenere sette microgrammi di microplastica.

Se anche tale quantità di materiale contenesse le massime concentrazioni mai misurate di PCB policlorobifenili o di BPA, ad esempio, contribuirebbe in misura modesta all'esposizione generale a queste sostanze: aumenterebbe l'esposizione ai PCB in misura inferiore allo 0,01 % o l'esposizione al BPA di meno del 2 %.

# Contaminazione da microplastiche: che cosa dobbiamo fare?

La contaminazione ha suscitato molto interesse e preoccupazioni tra i consumatori e la comunità scientifica.

Le informazioni che abbiamo a disposizione sugli effetti negativi di queste sostanze sul corpo umano, sono ancora scarse e frammentarie. Sarà necessario effettuare ulteriori ricerche per valutare l'estensione del fenomeno, tenendo in considerazione anche la dimensione e i componenti delle microplastiche.

La mancanza di metodi analitici standardizzati ostacola la formulazione di conclusioni definitive sul significato per la salute pubblica di queste particelle

Attualmente non esistono norme valide a livello globale per salvaguardare la nostra salute, e l'ambiente, contro la contaminazione da microplastiche. Mancano anche una serie di strategie per controllare e bloccare lo sviluppo di questo problema.

# NU: rapporto Marine plastic

Il rapporto "Marine plastic debris and microplastics", rilasciato dalle Nazioni Unite, mette in guardia contro quelle plastiche ritenute tradizionalmente più green, dalle bottiglie alle buste della spesa biodegradabili. Infatti, gran parte di quella etichettata come biodegradabile di fatto non lo è.

Spesso per essere degradata ha bisogno di temperature elevate, intorno ai 50°C, difficili da raggiungere negli oceani, senza considerare che la gran parte non galleggia, ma finisce per affogare in profondità, lontano dai raggi ultravioletti che potrebbero aiutare a velocizzare il processo di degradazione e spesso anche con ridotte quantità di ossigeno.

# Batteri mangiaplastica

**Ideonella sakaiensis**, fa parte dei proto-batteri, che appartengono alla famiglia delle Comamonadaceae, è stato scoperto nel 2016 durante delle ricerche su delle colonie batteriche in uno dei tanti siti di riciclaggio della plastica in Giappone,

E' il primo e il solo batterio a oggi conosciuto per essere in grado , grazie a una mutazione, di degradare, il **polietilene tereftalato**, la plastica conosciuta in tutto il mondo con l'acronimo di **PET**, tra le più utilizzate sul mercato, soprattutto per produzione di bottiglie e contenitori per il cibo.

Per il momento è stato riscontrato che non consumano completamente la plastica, ma sono in grado di scinderla nei 2 componenti di base: due monomeri noti come acido **tereftalico** e **glicole etilenico**. Questo potrebbe dare un contributo fondamentale al processo di riutilizzo della plastica.



# Ideonella sakaiensis

2016: **Ideonella sakaiensis** è stato presentato ufficialmente sulla rivista Science da parte dei ricercatori del Kyoto Institute of Technology, guidati da Shosuke Yoshida.

La scoperta è il frutto di una lunga e accurata ricerca tra alcuni rifiuti di bottiglie pronte per il riciclaggio:

- dopo aver prelevato centinaia di campioni, Yoshida e colleghi sono andati alla ricerca di colonie batteriche in grado di crescere e modificare i campioni di plastica,
- così hanno scoperto un colonie batteriche in grado di produrre dei significativi cambiamenti sui resti delle bottiglie,
- in seguito hanno identificare un unico batterio in grado di degradare e assimilare il PET, è un gram-negativo aerobico battezzato **Ideonella sakaiensis** in onore della città di Sakai, da dove arrivavano i rifiuti nei quali è stato rintracciato.

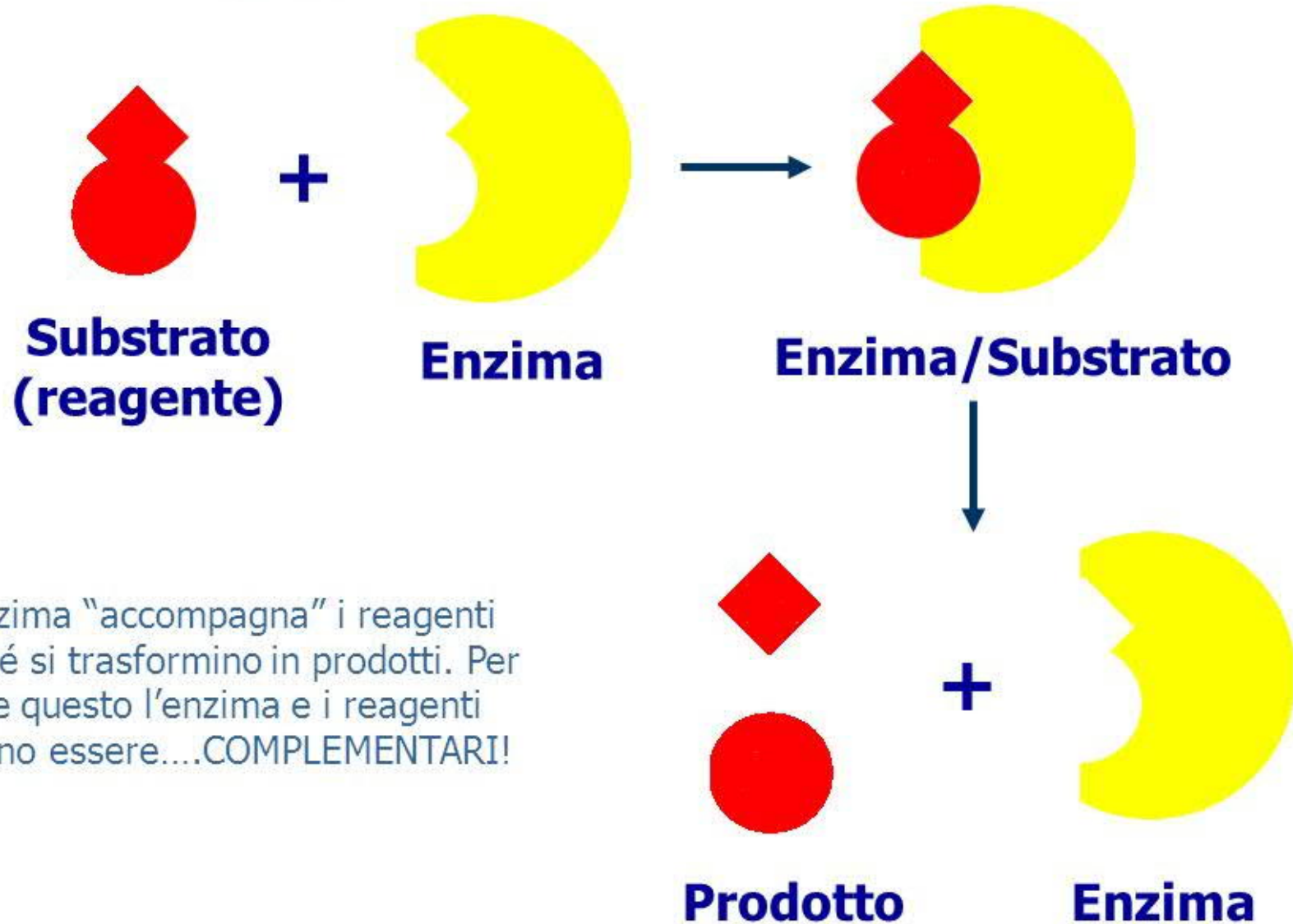
# Che cosa sono gli enzimi?

Gli **enzimi** sono sostanze di natura proteica prodotte dalle cellule con funzione di **catalizzatori**, in grado cioè di favorire o accelerare determinate reazioni chimiche negli organismi viventi



# Reazione in presenza di un enzima

Reagenti  $\longrightarrow$  Prodotti



L'enzima "accompagna" i reagenti perché si trasformino in prodotti. Per fare questo l'enzima e i reagenti devono essere....**COMPLEMENTARI!**

# Come riesce Ideonella a mangiarsi il PET?

Mescolando insieme tecniche di biochimica e di genetica i ricercatori sono riusciti a scoprire che il batterio riesce a mangiarsi la plastica grazie a una speciale coppia di **enzimi** che idrolizza i polimeri costituenti il **PET** e che agisce in successione:

1. il batterio aderisce alla plastica e secerne un enzima (**PETasi**) che comincia a spezzettarla,
2. si produce un composto intermedio
3. questo intermedio viene poi captato dalla cellula
4. attaccato da un secondo enzima (**MHET idrolasi**) viene ridotto nei componenti fondamentali: il **glicole etilenico** e l'**acido tereftalico**
5. Le molecole prodotte dall'azione combinata di questi 2 enzimi – il glicole etilenico e l'acido tereftalico – diventano la fonte principale di carbonio per il batterio.

# Processo velocizzato

Il processo di digestione batterica rappresenta una scoperta di enorme portata, ma è **estremamente lento** ai fini pratici.

Un gruppo di scienziati dell'Università di Portsmouth, in Inghilterra, in collaborazione con il NREL statunitense, ha creato un cocktail di enzimi per la decostruzione del polietilene tereftalato (PET), per rendere il riciclo chimico più rapido e spedito.

Il team, guidato dal professor John McGeehan e il dottor Gregg Beckham, è riuscito ad aumentare di 6 volte la velocità. Come? Progettando una molecola composta dai 2 enzimi batterici **PETasi** e **MHETasi**.

# Processo velocizzato

Gli scienziati hanno studiato prima la struttura atomica degli enzimi con un sincrotrone che utilizzando fasci di raggi X funge da microscopio, consentendo di “mettere a fuoco” la struttura 3D e utilizzare queste intuizioni per progettare le connessioni tra i due enzimi.

La semplice combinazione di PETasi e MHETasi ha raddoppiato la velocità di degradazione della plastica,

In seguito l'ingegnerizzazione di connessioni speciali tra le due molecole - si è deciso di provare a collegarle fisicamente, come due Pac-men uniti da un pezzo di corda - ha prodotto un vero e proprio **super enzima**, aumentando il tasso di decomposizione di altre **tre** volte

Il nuovo **super enzima** digerisce la plastica PET, restituendo gli elementi costitutivi originali. Ma lo fa **sei volte più velocemente**. La tecnica potrebbe essere utilizzata come parte di un ciclo di riciclo chimico infinito e aprire la porta alla scomposizione di polimeri diversi dal PET.

# Evoluzione e adattamento

La coppia di enzimi scoperta dai ricercatori è unica e, stando ad alcune ipotesi, potrebbe essersi evoluta e stabilita nel batterio proprio per usufruire di una nuova fonte di carbonio e avere così un vantaggio su altre specie.

I batteri sono riusciti ad adattarsi a nuove condizioni di vita e a sfruttare come fonte di cibo un materiale che prima non esisteva usandolo come nutrimento per il loro organismo.

Da un punto di vista scientifico si tratta di un a un **processo evolutivo** estremamente veloce a confronto con i normali tempi biologici, considerato che il PET gira nell ambiente da poco più di 70 anni.

# Altre scoperte

Qualche mese prima che fosse pubblicato lo studio su *Ideonella sakaiensis*, alcuni ricercatori di Stanford, in collaborazione con colleghi cinesi, annunciarono che una comune **larva di tenebrione mugnaio** (*Tenebrio molitor*) era in grado di digerire il **polistirene**, detto anche **polistirolo**

Come osservato in laboratorio 100 larve riescono a metabolizzare, in un solo giorno, fino a 40 milligrammi di polistirene, l'equivalente di una piccola pillola. Senza che nessuna differenza in termini di salute fosse osservata. La metà del banchetto se ne va in anidride carbonica, il resto sotto forma di escrementi che per i ricercatori potrebbero benissimo essere utilizzati come terreno.

Il merito non va direttamente alla larva, ma ai microrganismi che abitano il suo intestino, come **batteri** appartenenti al genere *Exiguobacterium*.

Le larve del cibo (*Plodia interpunctella*, quelle che si infilano in paste e farine negli scaffali) ospitano nel loro tratto digerente **batteri** capaci di degradare il **polietilene** (come *Enterobacter asburiae* ed esemplari di *Bacillus*).



# 6R per l'ambiente

Le Nazioni Unite chiedono un circolo virtuoso fatto di '6 R':

riduzione

rimozione

riutilizzo

riprogettazione

riciclo

recupero

# Genetica 6



Grazie

Rita Dougan 2023