



WORKSHOP

Plastiche & Ambiente

5-6 Giugno 2025
Ravenna

Book of Abstract





Comunicazioni orali



Valutazione dell'effetto di invecchiamento da UV su microplastiche mediante Py-GC-MS ed EGA-MS: implicazioni per la validazione dei metodi analitici

Bonfante F.¹, Zulfiqar H.², Coralli I.², Ducoli S.³, Federici S.³, Vassura I.¹, Fabbri D.²,

¹Dipart. Chimica Industriale "Toso Montanari", Università di Bologna, Tecnopolo di Rimini, Rimini, Italia;

²Dipart. Chimica "Giacomo Ciamician", Università di Bologna, Tecnopolo di Rimini, Rimini, Italia.

³Dipart. Ingegneria Meccanica e Industriale, Università degli Studi di Brescia, Brescia, Italia.

Keyword: microplastiche, invecchiamento, pirolisi analitica, EGA-MS, validazione

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

L'inquinamento da microplastiche (MP) è una questione ampiamente dibattuta, che ancora non dispone di metodi analitici internazionalmente riconosciuti in grado di valutarne l'entità. Ad oggi, la maggior parte delle pubblicazioni che riportano l'indagine di MP in matrici ambientali, non è supportata dalla validazione del metodo utilizzato. Nonostante ciò, questi contaminanti emergenti sono stati identificati in comparti ambientali, biologici e alimentari, destando crescente preoccupazione e rendendo cruciale la standardizzazione di metodi analitici. Il principale ostacolo è rappresentato dall'eterogeneità delle MP ambientali, spesso non considerata durante lo sviluppo del metodo. Inoltre, in fase di validazione, vengono spesso utilizzate MP standard, costituite da polimeri puri vergini e di forma regolare, semplificandone l'indagine, ma allontanandosi dal caso reale.

Il presente studio si pone come obiettivo quello di investigare, tramite pirolisi-gas cromatografia-spettrometria di massa (Py-GC-MS) e evolved gas analysis (EGA-MS), l'effetto dell'invecchiamento dei polimeri e di valutare come questo possa incidere sull'accuratezza dei risultati ottenuti. MP derivanti da frammentazione di polimeri puri (PET, PVC, PA-66 e PS di morfologia e dimensioni eterogenee, con $\phi_{MAX} = 120 \mu m$) sono state analizzate nella loro forma vergine e invecchiata tramite trattamento accelerato con radiazione ultravioletta. I termogrammi di PET e PVC non hanno evidenziato differenze dovute all'invecchiamento, mentre PS e PA-66 hanno subito una riduzione della stabilità termica. Inoltre, la modifica del profilo termico di PA-66 (Figura 1) ne ha suggerito variazioni strutturali (Figura 2) dovute all'invecchiamento, confermate anche tramite pirolisi analitica. Analisi Py-GC-MS sono state svolte anche in presenza di tetrametilammonio idrossido (TMAH), agente derivatizzante comunemente usato per l'analisi di MP in campioni ambientali. I profili pirolitici ottenuti dalla termochemolisi sono risultati meno adatti ad evidenziare le variazioni dovute all'invecchiamento del PA-66 rispetto alla pirolisi non reattiva.

Quantitativamente, l'invecchiamento ha generato differenze significative nei parametri di calibrazione di PS e PVC. Infine, i polimeri sono stati utilizzati per validare un metodo utile alla loro quantificazione tra le MP in matrici ambientali complesse, comprensivo di sono-Fenton e raccolta su filtri in quarzo ($\phi = 25 \text{ mm}$, ritenzione $0.3 \mu m$). Tramite analisi TMAH-Py-GC-MS sono stati calcolati i recuperi, mostrando un'influenza dell'invecchiamento su accuratezza e precisione dei risultati. Con l'obiettivo di meglio rappresentare un caso reale, il recupero è stato testato su MP generate da oggetti commerciali post-utilizzo. I risultati ottenuti si sono dimostrati coerenti con quelli osservati per i polimeri puri invecchiati, confermando l'affidabilità del metodo. Questo ha consentito la sua applicazione a campioni ambientali complessi, permettendo la quantificazione in massa dei diversi polimeri costituenti le MP, e fornendo così una stima, supportata da validazione, del livello di contaminazione in diversi contesti ambientali.

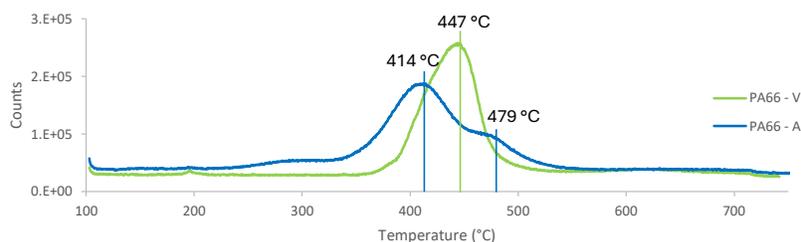


Figura 1. Profili termici di PA-66 vergine (V) e invecchiato (A) ottenuti tramite EGA-MS

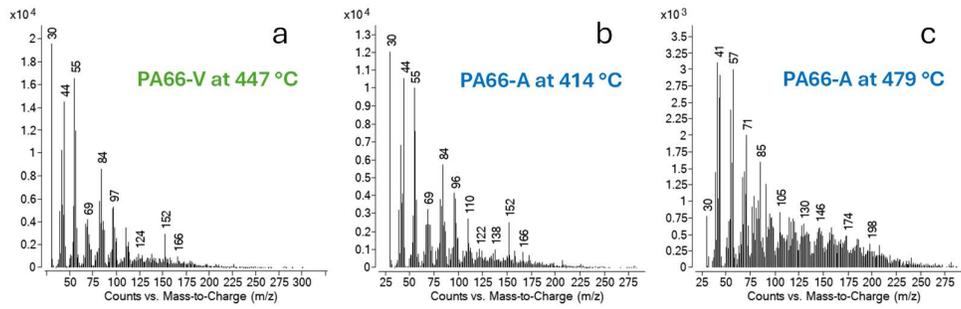


Figura 2. Spettri di massa registrati ai massimi di degradazione termica EGA-MS di PA66-V (a, 447 °C) e PA66-A (b, 414 °C e c, 479 °C), evidenziati in Figura 1

Ringraziamenti:

Studio sviluppato nell'ambito del progetto COST Action CA20101 PRIORITY (Plastics monitoring detection Remediation recovery), 2021-2025.

Micro e nanoplastiche: stato dell'arte e prospettive della ricerca

Renzi M.¹, Bentivoglio T.¹, Anselmi S.¹

¹ Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via Licio Giorgieri, 34127, Trieste, Italy

² Bioscience Research Center, Via Giovanni Velasco n° 14, Fraz. Fonteblanda 58015 Orbetello (GR), Italy

L'inquinamento da microplastiche (MPs) e nanoplastiche (NPs) ha suscitato un grande interesse nella comunità scientifica, spingendo i ricercatori a investigarne la diffusione, l'accumulo nei compartimenti biotici e abiotici, e i potenziali effetti sulla rete trofica degli ecosistemi terrestri e acquatici.

Numerosi studi sperimentali hanno interessato ambienti marini, d'acqua dolce e terrestri, analizzando matrici quali acqua, sedimenti, neve e organismi, impiegando una varietà di bioindicatori, tra cui *Daphnia magna*, *Hydropsyche pellucidula*, *Mytilus galloprovincialis*, *Dreissena polymorpha*, *Sinotaia quadrata*, *Procambarus clarkii* e *Rana temporaria*. Indagini in ambienti naturali, come laghi alpini, sistemi fluviali e lagune costiere, hanno confermato la presenza diffusa di MPs e suggerito l'efficacia di molluschi filtratori e macroinvertebrati come strumenti di biomonitoraggio.

In laboratorio, numerosi studi hanno analizzato le reti trofiche acquatiche e terrestri, coinvolgendo specie modello degli ecosistemi, come batteri (*A. fischeri*), alghe unicellulari (*P. tricornutum*, *D. tertiolecta*, *R. subcapitata*), echinodermi (*P. lividus*), crostacei (*D. magna*) e piante superiori (*L. sativum*). I risultati osservati spaziano da effetti acuti a risposte sub-letali, fortemente influenzati da fattori quali la tipologia e la dimensione delle particelle, le condizioni ambientali e l'interazione con altri inquinanti presenti. In particolare, è stata evidenziata la capacità delle microplastiche di veicolare contaminanti come metalli pesanti, PAHs, PCB non diossina-simili e tensioattivi, aumentando la complessità dei meccanismi di tossicità.

Nonostante i risultati ottenuti abbiano ampliato significativamente la comprensione del fenomeno, restano importanti questioni scientifiche aperte. Le nanoplastiche (<1 µm), ad esempio, sono ancora poco esplorate a causa di limitazioni analitiche, nonostante i loro potenziali impatti biologici a scala cellulare e sub-cellulare. Inoltre, emergono nuove fonti di particolato plastico, come il polverino derivante dall'usura di pneumatici e superfici stradali, che richiedono approfondite valutazioni ecotossicologiche e metodologiche.

È quindi necessario adottare approcci sempre più integrati e multidisciplinari, basati su protocolli standardizzati e tecniche avanzate, per affrontare in modo efficace le sfide poste dall'inquinamento da micro- e nanoplastiche nei diversi ecosistemi. Questo contributo intende offrire un'ampia revisione dello stato dell'arte degli studi attualmente effettuati, sottolineando i principali bisogni di implementazione della ricerca su nano e microplastiche nel prossimo futuro.

Quantificazione del carico di polimeri sintetici micrometrici in matrici ambientali con tecnica PY-GC/MS

Vassura I.¹ Coralli I.² Bonfante F.¹ Iudice C.¹ D. Fabbri²

¹Dipart. Chimica Industriale "Toso Montanari", Università of Bologna, Campus di Rimini

²Dipart. Chimica "G. Ciamician", Università of Bologna, Campus di Rimini

Keyword: Pirolisi; deposizioni atmosferiche; fanghi di depurazione;

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

Negli ultimi decenni, le micro e nano plastiche (MP e NP) sono emerse come contaminanti persistenti che destano crescente preoccupazione per l'ambiente vista la loro ubiquità.

Sebbene il metodo di identificazione per le MP sia stato ottimizzato per diverse tecniche analitiche (sia spettroscopiche che termiche), la quantificazione rimane sfidante, soprattutto a causa dell'eterogeneità delle matrici da cui questa classe di contaminanti deve essere separata.² Inoltre, le particelle più piccole, spesso non sono determinate, sebbene possano essere quelle di maggior interesse dato la loro potenziale interazione a livello cellulare.³

Il presente studio propone un metodo per l'identificazione e la quantificazione di particelle di plastica nell'intervallo di dimensioni 0,3 μm – 0,3 mm (NP grandi e MP piccole) in matrici ambientali.

Il metodo proposto prevede, dopo setacciatura del campione per eliminare le particelle più grossolane (maglia 0.3mm) un pretrattamento dei campioni con il reagente Fenton per minimizzare il carico organico, quindi dopo filtrazione su membrana di quarzo (porosità 0.3 μm) sul residuo si esegue l'analisi qualitativa e quantitativa mediante pirolisi accoppiata con gas cromatografia e spettrometria di massa (Py-GC/MS).

Il metodo è stato applicato a 2 matrici di interesse ambientale:

i - fanghi di depurazione delle acque reflue urbane prelevati da 5 impianti di media grande dimensione

ii - deposizioni atmosferiche totali (secche e umide), raccolte nell'arco di 4 mesi con campionatore bulk®, nell'area urbana Riminese.

Le acque di scarico civili, le acque meteoriche o alcune acque di scarico industriali possono veicolare MP e NP nella rete di collettamento delle acque reflue urbane che poi arriveranno negli impianti di depurazione. Nonostante questi impianti non siano progettati per l'abbattimento delle Pp, hanno un'ottima efficienza di rimozione dall'acqua (82 – 99 %), con accumulo nei fanghi di depurazione.³ Quest'ultimi, essendo usati per oltre il 50% in agricoltura, possono essere una potenziale fonte di MP nei suoli agricoli. Oltre all'immissione volontaria di ammendati, le particelle plastiche aerodisperse, tipicamente con dimensioni inferiori ai 100 micron, possono raggiungere i suoli attraverso le deposizioni atmosferiche di cui si hanno pochissime informazioni.

Lo studio ha fornito interessanti dati preliminari su questi due vie di contaminazione dei suoli. Per quanto riguarda i fanghi, si sono registrati carichi di circa 1 mg/Kg di materiali polimerici (Σ di PE, PP, PS, PC, PET), mentre per le deposizioni atmosferiche la media nel periodo di campionamento è circa di 41 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ (Σ di PE, PP, PS, PC, PET SBR). Lo studio ha anche approfondito l'interferenza di alcuni composti organici refrattari al pretrattamento quali sostanze umiche e lignina.

Riferimenti bibliografici:

[1] J. La Nasa, G. Biale, D. Fabbri, F. Modugno, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2020, 149, 104841.

[2] A. Banerjee, W.L. Shelver, *Science of The Total Environment*, 2021, 755-2, 142518.

[3] Paul U. Iyare, Sabeha K. Oukia and Tom Bond, *Environ. Sci.: Water Res. Technol.*, 2020, 6, 2664-2675.

Sviluppo ed applicazione di metodi chemiometrici per la caratterizzazione di microplastiche in matrici complesse

Saraceno I.¹ Cruz E.² Catelli E.¹, Marchesi C.³, Federici S.³, Prati S.¹, Ballabio D.², Oliveri P.⁵, Sciutto G.¹

¹Department of Chemistry "Giacomo Ciamician", University of Bologna, 40126, Bologna, Italy; ²Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca, 20126 Milano, Italy; ³Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale, Università degli studi di Brescia, 25121 Brescia, Italy; ⁴Department of Pharmacy, University of Genova, 16148, Genova, Italy.

Keyword: Chemiometria, Imaging iperspettrale (HSI), Spettroscopia.

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

A causa della produzione incontrollata di polimeri sintetici su scala mondiale e la loro inappropriata gestione, l'inquinamento da microplastiche (MP) pervade ormai tutti i principali compartimenti ambientali: dai sistemi terrestri a quelli d'acqua dolce e marini.

L'analisi delle microplastiche rappresenta una sfida crescente nel contesto ambientale e analitico, richiedendo approcci robusti e standardizzati per il campionamento, la quantificazione e la caratterizzazione di MP, così come la definizione di protocolli armonizzati e integrati per studi analitici comparativi intra-laboratorio.

Inoltre, le campagne di monitoraggio e l'impiego di tecniche di imaging iperspettrale, che consentono l'estesa caratterizzazione e localizzazione di MP nei campioni di interesse, possono produrre elevate quantità di dati, difficili da gestire e valutare.

In questo scenario, i metodi chemiometrici si stanno affermando come strumento fondamentale per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati chimici ottenuti tramite tecniche spettroscopiche. Tali metodi consentono non solo la riduzione della dimensionalità e la visualizzazione dei dati, ma permettono la classificazione e quantificazione dei polimeri presenti in miscele complesse. Inoltre, l'impiego di modelli supervisionati migliora la sensibilità e la specificità nell'identificazione dei materiali plastici. L'applicazione della chemiometria, infine, favorisce un'analisi riproducibile e standardizzabile, facilitando il confronto tra studi e contribuendo alla costruzione di banche dati spettrali condivise.

Il presente lavoro di ricerca evidenzia le potenzialità di approcci chemiometrici in combinazione con tecniche spettroscopiche nel vicino infrarosso (NIR) e nel medio infrarosso (MIR) per l'identificazione e quantificazione di polimeri in matrici complesse.

In particolare, l'analisi delle componenti principali (PCA) e Multivariate Curve Resolution-Alternating Least Squares (MCR-ALS) sono state applicate su dati di imaging iperspettrali ottenuti tramite analisi di campioni di MP (<125 µm) depositati su filtri di cellulosa, al fine di un'identificazione rapida e diretta delle microplastiche su filtro, riducendo la manipolazione dei campioni ed evitando la preselezione visiva. Diversi polimeri sono stati selezionati in base alla loro rilevanza ambientale, quali: polipropilene (PP) e polistirene (PS), analizzati prima e dopo invecchiamento artificiale indotto dall'esposizione a radiazione UV, al fine di caratterizzare eventuali nuovi marker diagnostici.

Infine, tecniche di regressione multivariata (PLS) sono state valutate per la quantificazione di diverse tipologie di polimeri in miscela, enfatizzando le potenzialità applicative di spettrometri portatili operanti nel NIR, a supporto del monitoraggio in situ di MP.

Caratterizzazione multiparametrica SPES / SPES² di singole particelle in miscele e liquidi ambientali eterogenei

Tiziano S.¹, Pietro V.¹, Marco P.¹

¹ EOS Srl, viale Caianello 23, I-20158 Milano, Italy

Keyword: microplastiche, particelle, mixtures, particle size distribution, particle analysis

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

Le miscele di particelle sono comuni in liquidi ambientali e prodotti consumer. Una accurata caratterizzazione è complessa a causa della presenza di particelle con proprietà ottiche diverse, quali indici di rifrazione, struttura e forma. In questo studio è descritta la applicazione dei metodi SPES e SPES² per l'analisi multiparametrica delle singole particelle in liquidi ambientali eterogenei [1,2,3]. Per ciascuna particella sono determinati parametri ottici assoluti e indipendenti, quali la sezione d'urto di estinzione, la polarizzabilità e l'intensità F90. Confrontando i dati sperimentali con modelli teorici, per ciascuna popolazione di particolato si determina sperimentalmente l'indice di rifrazione efficace, la distribuzione dimensionale e la concentrazione numerica. Saranno presentati i risultati di studi inerenti alla classificazione di miscele complesse di particelle organiche e inorganiche, quali sfere di polistirene di varie dimensioni, caolinite, carbon black, cellule di lievito e TiO₂ (Figura 1).

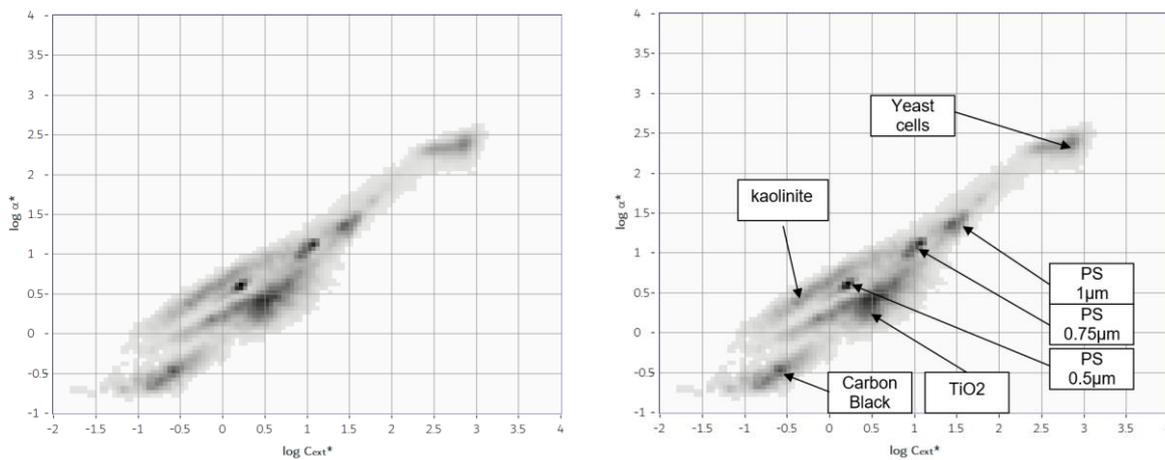


Figura 1 (Sinistra) Misura SPES e SPES² di una miscela complessa. I dati sono rappresentati attraverso un istogramma bidimensionale della sezione d'urto di estinzione (C_{ext}) e polarizzabilità (α) misurata per le singole particelle. (Destra) Etichette che facilitano l'identificazione delle popolazioni osservate. I toni di grigio sono proporzionali alla concentrazione numerica di particelle per millilitro.

Selezionando un'area nell'istogramma, si analizza nel dettaglio una parte dell'insieme di particelle misurato (Figura 2) ricavando parametri statistici di una singola popolazione. I dati sono confrontati con modelli di scattering basati sulla teoria di Mie [4] o simulazioni di scattering basate sull'approssimazione DDA [5].

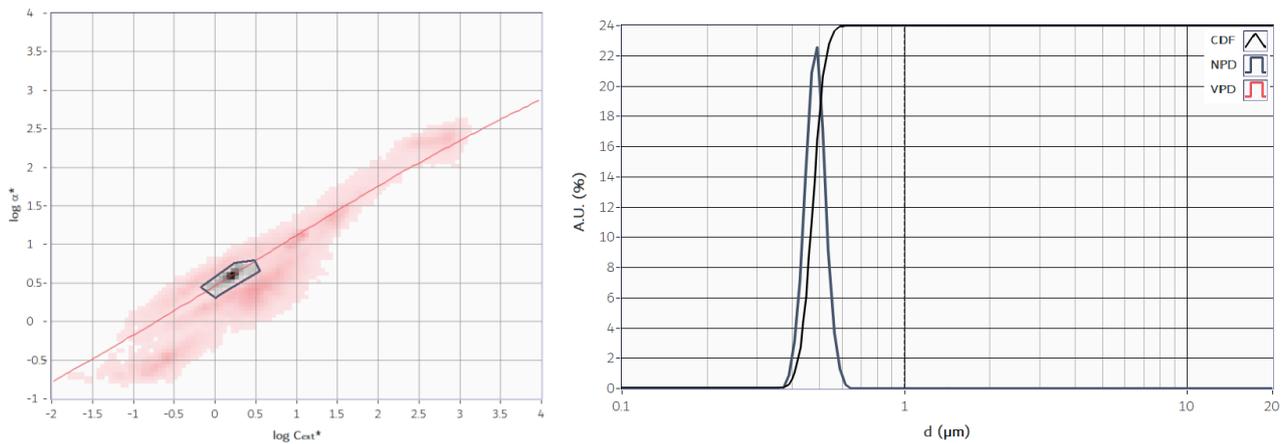


Figura 2 (Sinistra) Selezione delle particelle di polistirene da 0.5 μ m. La linea rossa indica la posizione teorica prevista per sfere aventi un indice di rifrazione di 1.58. (Destra) Distribuzione dimensionale delle particelle selezionate applicando l'indice di rifrazione efficace misurato.

In tabella sono riassunti alcuni parametri misurati per una selezione delle popolazioni osservate in Figura 1.

SAMPLE	Effective Refractive Index	Average Particle Diameter [μ m]	Particle Concentration [ptc/mL]	Percentage of the selected particles on the whole sample concentration
0.5 μ m PS	1.58	0.48	8.5E4	4.7%
Kaolinite powder	1.43	0.67	1.9E5	10.6%
TiO ₂ particles	2.60	0.33	5.0E5	27.5%

Sono presentati i risultati di uno studio inerente all'applicazione dei metodi multiparametrici SPES e SPES² per lo studio sospensioni eterogenee di interesse ambientale [6, 7, 8], alimentare [9] e biologico [10]. La caratterizzazione multiparametrica SPES SPES² fornisce informazioni utili per studiare il rilascio e l'inquinamento del particolato, e per progettare azioni di bonifica e mitigazione.

Riferimenti bibliografici:

- [1] M. A. C. Potenza, T. Sanvito, A. Pullia, AIP Adv. 2015, 5, 117222
- [2] M. A. C. Potenza, T. Sanvito, A. Pullia, J. Nanoparticle Research 2015, 17, 110.
- [3] M. A. C. Potenza, T. Sanvito, S. Argenti, C. Cella, B. Paroli, C. Lenardi, P. Milani, Sci. Rep. 2015, 5, 18228.
- [4] H. C. van de Hulst, Light Scattering by Small Particles, 1981
- [5] Maxim A. Yurkin, Alfons G. Hoekstra, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 112, 13, 2011, 2234-2247
- [6] Villa S, Sanvito T, Paroli B, Pullia A, Delmonte B, Potenza MAC, J. Appl. Phys. 119 (2016)
- [7] Potenza MAC, Albani S, Delmonte B, Villa S, Sanvito T, Paroli B, Pullia A, Baccolo G, Mahowald N & Maggi V, Scientific Reports 6 (2016)
- [8] Simonsen MF, Cremonesi L, Baccolo G, Bosch S, Delmonte B, Erhardt T, Kjær HA, Potenza M, Svensson A and Vallelonga P, Clim. Past, 14, 601-608 (2018)
- [9] Pallavera M, Sanvito T, Cremonesi L, Artoni C, Falqui A, Potenza MAC, Part. Part. Syst. Charact. 2400029 (2024)
- [10] Sanvito T, Bigini P, Cavanna MV, Fiordaliso F, Violatto MB, Talamini L, Salmona M, Milani P, Potenza MAC, Nanomedicine (2017), Article

Rilevazione di micro- e nanoplastiche in acque ambientali superficiali tramite co-marcatura fluorescente

Capolungo C.¹, Giovannetti E.¹, Genovese D.¹, Rampazzo E.¹, Zaccheroni N.¹, Prodi L.¹

¹Dipartimento di Chimica Giacomo Ciamician, Università di Bologna, via Gobetti 85, Bologna, 40129, Italia

Keyword: sensori luminescenti, microplastiche, nanoplastiche, microscopia a fluorescenza, acido ialuronico

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

Negli ultimi decenni l'inquinamento da plastiche sta drammaticamente aumentando a causa delle attività umane; i frammenti plastici potenzialmente più pericolosi sono quelli con dimensioni inferiori di 5 mm, le cosiddette micro- e nanoplastiche (MNP), a causa della loro ubiquità e biodisponibilità.

Il rilevamento delle MNP è estremamente complesso, ma una possibile soluzione può essere rappresentata dai metodi basati sulla luminescenza, siccome permettono lo sviluppo di tecniche semplici, rapide, economiche e sensibili. In particolare, la fluorescenza è applicata per il rilevamento di frammenti di plastica grazie all'utilizzo della microscopia a fluorescenza in seguito alla colorazione delle plastiche tramite appropriate sonde luminescenti¹.

Con questo obiettivo, abbiamo sintetizzato una sonda fluoregenica a base di un biopolimero, l'acido ialuronico, funzionalizzato con rodamina B (HA-RB)². Infatti, quando l'acido ialuronico viene funzionalizzato con un fluoroforo come la rodamina B il sistema risultante disciolto in acqua assume una forma compatta, in cui i fluorofori sono sufficientemente vicini gli uni agli altri da subire processi di auto-spegnimento, con drastici cali di rese quantiche e tempi di vita; al contrario, in presenza di MNP, la sonda può essere adsorbita sulla superficie delle particelle di plastica, inducendo un aumento della distanza tra i fluorofori, con conseguente recupero dell'emissione, che rende fluorescenti le MNP (figura 1A). Con questa strategia è stato possibile riconoscere MNP con dimensioni vicine al limite di risoluzione della microscopia confocale a fluorescenza (circa 250 nm).

Tuttavia, con i metodi basati sulla marcatura fluorescente l'identificazione di MNP può essere difficile in campioni complessi come quelli ambientali, in cui i tanti contaminati – di natura organica e inorganica – possono essere marcati e quindi scambiati per particelle di plastica.

Per risolvere questo problema, abbiamo applicato un metodo di co-marcatura che migliora notevolmente la selettività, utilizzando un array di sonde fluorescenti, emittenti in zone spettrali diverse e con affinità differenti per plastiche e contaminanti. In particolare, abbiamo associato l'HA-RB, che emette nel rosso e può marcare sia le MNP che i contaminanti, con il DAPI e il blu di metilene (MB), che colorano gli interferenti ma non le MNP ed emettono rispettivamente nel blu/verde e nel vicino infrarosso. Grazie alla microscopia a fluorescenza confocale, tecnica veloce e sensibile, questa combinazione di sonde ha permesso di distinguere le particelle di plastica nei campioni di acqua ambientale senza bisogno di trattamenti (figura 1B), migliorando l'accuratezza del rilevamento e riducendo il rischio di falsi positivi.

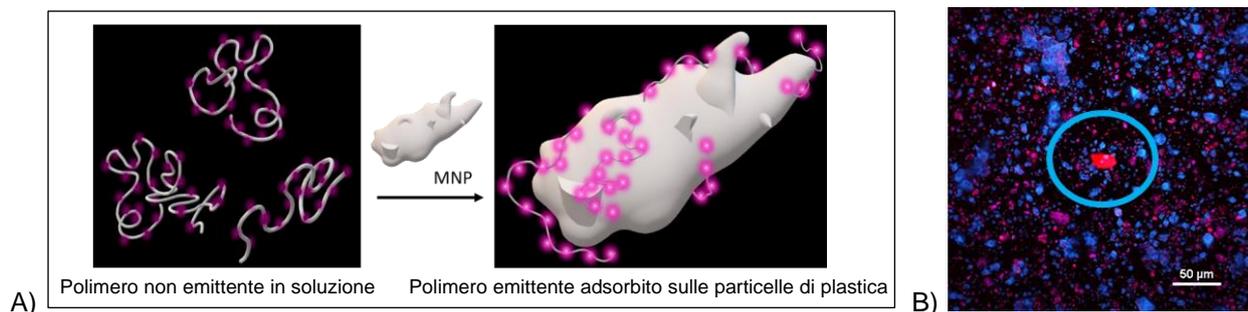


Figura 1. A) Meccanismo schematizzato dell'interazione tra l'acido ialuronico funzionalizzato con la rodamina B e le micro- e nanoplastiche. B) Immagine confocale a 4 canali (blu, verde, rosso e NIR, colorato in viola) di campione ambientale marcato dalle tre sonde fluorescenti in cui è evidente un elemento colorato solamente dall'HA-RB (rosso) e quindi identificabile come una particella di plastica.

Riferimenti bibliografici:

1. Capolungo C., Genovese D., Montalti M., Rampazzo E., Zaccheroni N., Prodi L., Chem. Eur. J., 2021, 27, 17529–17541
2. Cingolani M., Genovese D., Rampazzo E., Zaccheroni N., Prodi L., Environ. Sci.: Nano, 2022, 9, 582–588

Distribuzione di microplastiche e macro-rifiuti in ambienti costieri ad alto impatto antropico: il caso studio dei progetti H2020 MAELSTROM ed HEU INSPIRE

Susanna Mesghez^{1,2}, Vanessa Moschino¹, Nicoletta Nesto¹, Tihana Marčeta¹, Antonio Petrizzo¹, Taha Lahami^{1,3}, Michol Ghezzi¹, Fantina Madricardo¹

1. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Marine, Venezia (Italia)
2. Università Ca' Foscari, Venezia (Italia)
3. Università degli Studi di Napoli Federico II (Italia)

Keyword: Microplastiche; Rifiuti marini; Monitoraggio ambientale; Telerilevamento acustico; Pressione antropica;

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

I rifiuti marini, in particolare la plastica e le microplastiche, rappresentano un inquinante ubiquo e persistente negli ecosistemi acquatici¹.

Nei progetti europei MAELSTROM e INSPIRE, viene adottato un approccio integrato lungo il continuum fiume-mare, che combina azioni di prevenzione alla fonte e rimozione nei comparti marini, per contrastare la dispersione dei rifiuti nelle aree costiere e lagunari.

Nell'ambito del progetto MAELSTROM, il focus è stato posto sulla laguna di Venezia e l'area costiera antistante, in due siti ad alta pressione antropica: un allevamento di mitili dismesso (Cavallino-Jesolo) e l'area urbana di Sacca Fisola. Qui, i macro-rifiuti bentonici sono stati identificati tramite rilievi batimetrici ad alta risoluzione (MBES) e rimossi con una piattaforma robotica (Seabed Cleaning Platform). I rilievi acustici hanno evidenziato un'elevata densità di oggetti antropici, con valori fino a 26'812 items/km² a Sacca Fisola (2023).

Parallelamente, sono stati eseguiti campionamenti ambientali per la caratterizzazione delle microplastiche nei sedimenti e nelle acque superficiali, utilizzando rispettivamente una benna Van Been e una rete manta (330 μm)²⁻³, successiva estrazione per densità delle particelle e analisi morfologica. Di seguito vengono riportati i dati ottenuti dalle analisi (Figura 1).

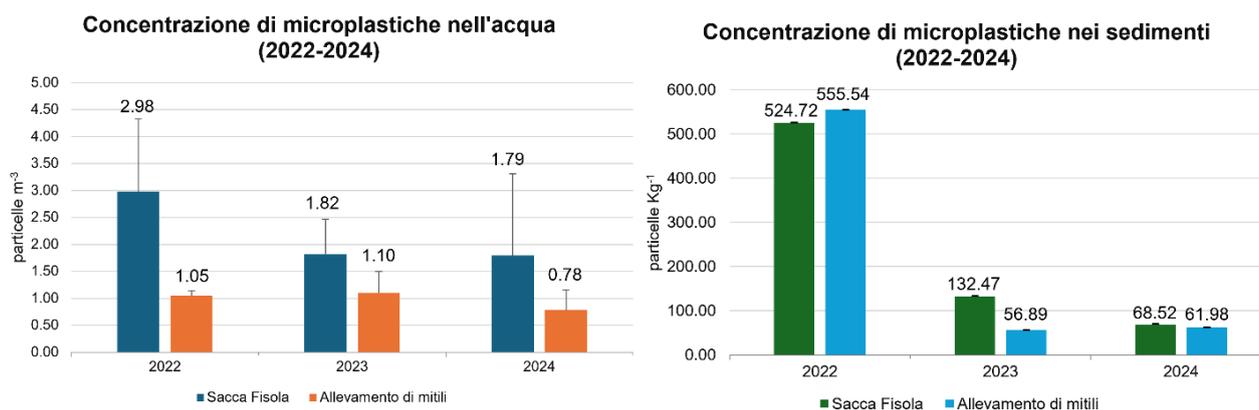


Figura 1 - Concentrazione media di microplastiche nei campioni di acqua (a sinistra, espressa in particelle m⁻³) e sedimento (a destra, espressa in particelle kg⁻¹ di peso secco) nei due siti di studio: Sacca Fisola e l'allevamento di mitili abbandonato. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard mentre i valori superiori la media (<https://www.maelstrom-h2020.eu/>).

In INSPIRE, l'attenzione si sposta verso la prevenzione a monte, nel tratto fluviale del Po (ramo della Donzella, presso il ponte di Santa Giulia). Il sito è stato monitorato stagionalmente nel 2024–2025 per caratterizzare le microplastiche in acqua prima e dopo l'installazione di sistemi ibridi di raccolta. I dati mostrano una variabilità stagionale: le concentrazioni medie di microplastiche in acqua sono passate da 4.22 ± 1.66 particelle m⁻³ ad agosto 2024, a 19.55 ± 9.28 m⁻³ a dicembre. Una riduzione è stata osservata a febbraio 2025 (8.31 ± 6.37 m⁻³) (Figura 2).

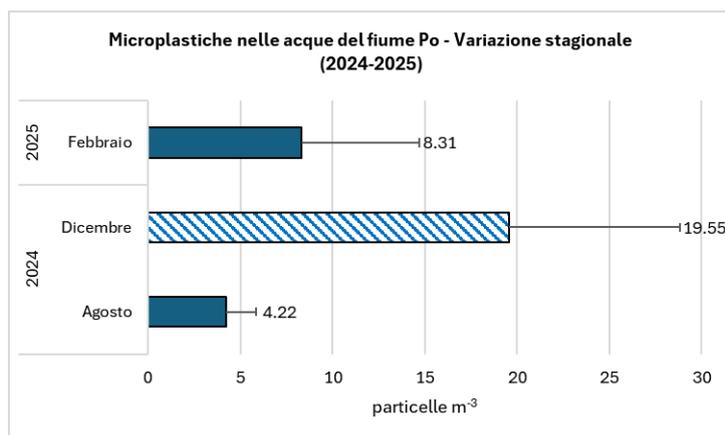


Figura 2 - Distribuzione della concentrazione delle microplastiche (particelle m⁻³) rilevate in tre campagne (agosto e dicembre 2024, febbraio 2025). Il picco di dicembre 2024 è probabilmente legato alle piene del fiume che si sono verificate in quel periodo, che possono aver mobilitato e trasportato grandi quantità di microplastiche dai sedimenti o da fonti diffuse lungo il bacino (<https://inspire-europe.org/>).

L'integrazione dei dati da entrambi i progetti evidenzia l'importanza di un approccio olistico e multi-sito: MAELSTROM agisce nel comparto marino tramite mappatura acustica e rimozione robotica dei rifiuti già depositati; INSPIRE opererà a monte per intercettare e prevenire il trasporto di plastica verso il mare, promuovendo un modello replicabile di mitigazione alla fonte.

Combinando prevenzione e bonifica, questi approcci offrono una strategia efficace per affrontare il problema dei rifiuti marini lungo tutto il continuum idrografico, supportando politiche ambientali più mirate e sostenibili.

Ringrazimenti

Questa ricerca è stata cofinanziata nell'ambito del progetto UE H2020 "Smart technology for Marine Litter SusTainable RemOval and Management" MAELSTROM (GA n. 101000832) e dal progetto HEU "Innovative solutions for plastic free European rivers" INSPIRE (GA n. 101112879).

Riferimenti bibliografici:

1. Thompson, R. C., Courtene-Jones, W., Boucher, J., Pahl, S., Raubenheimer, K., & Koelmans, A. A. (2024). Twenty years of microplastic pollution research—what have we learned?. *Science*, 386(6720), ead12746;
2. Vianello, A., Da Ros, L., Boldrin, A., Marceta, T., & Moschino, V. (2018). First evaluation of floating microplastics in the Northwestern Adriatic Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(28), 28546–28561. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2812-6> ;
3. Frias, J., Pagter, E., Nash, R., O'Connor, I., Carretero, O., Filgueiras, A., ... & Gerds, G. (2018). Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. Deliverable 4.2.

Quantificazione di microplastiche in contenuti stomacali di rondinella di mare (*Hirundichthys rondeletii*, Valenciennes, 1847)

Annalisa Zaccaroni¹, Susanna Guernelli², Eduard Degollada³, Laura Piredda¹

¹Dipart. Scienze Mediche Veterinarie, Università di Bologna, Cesenatico (FC), Italia; ²Dipart. "G. Ciamician", Università di Bologna, Bologna, Italia, ³EDMAKTUB Association, Barcellona, Spagna

Keyword: Rondinella di mare, Atlantico Orientale, microplastiche, contenuto stomacale

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Sulla base delle informazioni fino ad ora raccolte, è possibile affermare che l'inquinamento da microplastiche è attualmente uno dei temi emergenti e più rilevanti, nonché uno dei principali problemi ambientali a livello globale soprattutto per le sue ripercussioni sulla fauna marina. L'obiettivo del presente lavoro è quello di andare ad esaminare il contenuto stomacale di alcuni esemplari della Rondinella di mare (*Hirundichthys rondeletii*) per valutare la presenza di microplastiche al loro interno e, in caso di positività del campione, quantificarle.

Inoltre, è noto come la presenza di microplastiche (MPs) possa incidere sulla crescita dell'animale. Lo scopo di questo lavoro è, quindi, andare a valutare anche una possibile correlazione tra la presenza di microplastiche e il ridotto tasso di accrescimento degli esemplari presi in esame.

Per fare ciò, sono stati esaminati 27 esemplari di Rondinella di mare (*Hirundichthys rondeletii*) campionati nei mesi di luglio e agosto del 2020 e nel primo mese del 2021 nella zona compresa tra le isole Canarie e il Golfo di Guinea, nell'ambito del progetto SACET. Per ciascuno di questi animali, in particolare, è stato raccolto lo stomaco e ne è stato analizzato il contenuto in seguito a digestione per verificarne la concentrazione di microplastiche all'interno. Le MPs sono state identificate tramite colorazione con Rosso Nilo ed osservazione al microscopio a fluorescenza, con tre tipologie di filtro (rosso, verde e blu); tramite il programma ImageJ, sono stati calcolati l'area ed il perimetro delle particelle e la lunghezza delle fibre identificate.

Le analisi hanno consentito di rilevare come la maggior parte delle MPs fossero rappresentate da particelle. Per quanto riguarda la possibile correlazione tra la presenza e numerosità delle microplastiche e il ridotto tasso di accrescimento degli esemplari presi in campione, sono stati divisi i campioni in due gruppi considerando i 15 cm come lunghezza discriminante: nel primo gruppo sono stati inseriti gli esemplari con una lunghezza alla forca <15 cm e nel secondo gruppo quelli con lunghezza alla forca >15 cm. L'analisi statistica condotta con il Product-Moment and Partial Correlations ha evidenziato come non vi sia una correlazione tra la presenza e numerosità di microplastiche e le dimensioni degli animali. Ciononostante è possibile osservare due trend opposti per le fibre e le particelle in funzione della dimensione dei pesci: le fibre diminuiscono con l'aumentare delle dimensioni, mentre le particelle e di conseguenza il totale delle microplastiche, aumenta. Questo aspetto, se valutato e considerato dal punto di vista delle abitudini alimentari, può dipendere dal fatto che un animale di dimensioni maggiori si alimenta in misura maggiore rispetto ad uno di piccole dimensioni, aumentando quindi il rischio di ingerire anche microplastiche.

La presente ricerca conferma come le MPs siano ormai da considerare come un contaminante ubiquitario, che impatta tutti gli ambienti su scala globale, con particolare attenzione e concentrazione nell'ambiente marino.

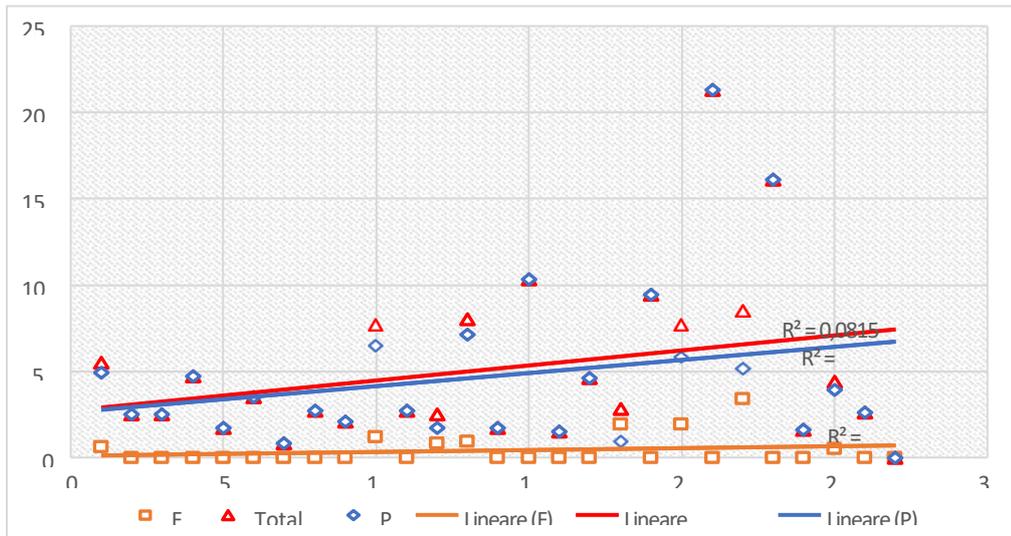


Fig.1 – Andamento del numero di particelle e fibre di microplastiche in relazione alle dimensioni degli esemplari presi in analisi.

Riferimenti bibliografici:

1. Autore A., Autore B., Autore C.D. Titolo del lavoro scientifico. *Giornale scientifico* Anno; Numero; pagina-pagina.
2. Autore A., Autore B., Autore C.D. Titolo del lavoro scientifico. *Giornale scientifico* Anno; Numero; pagina-pagina.

Sviluppo di metodi basati su pretrattamenti assistiti da microonde e pirolisi analitica per l'analisi quantitativa di microplastiche e contaminanti organici in campioni ambientali

Biale G.^{1,2}, La Nasa J.^{1,2}, Mattonai M.^{1,2}, Carnaroglio D.³, Zhang L.⁴, Lucini L.⁴, Lebrato M.⁵, Modugno F.^{1,2}

¹Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa, Pisa, Italia; ²Centro per l'Integrazione della Strumentazione scientifica (CISUP), Università di Pisa, Pisa, Italia; ³Milestone™ Srl, Sorisole (BG), Italia; ⁴Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari per una filiera agro-alimentare Sostenibile, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italia; ⁵Bazaruto Center for Scientific Studies (BCSS), Mozambico

Keyword: microplastiche, pretrattamento, microonde, pirolisi analitica, contaminanti emergenti

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

L'inquinamento da microplastiche rappresenta uno dei problemi ambientali più rilevanti al giorno d'oggi. Sono state applicate e ottimizzate diverse tecniche analitiche per la determinazione di microplastiche e di contaminanti frequentemente associati ad esse, come additivi, inquinanti organici, e prodotti di degrado dei polimeri. Tuttavia, i meccanismi di interazione di queste classi di inquinanti con l'ecosistema sono ancora poco comprensibili. Le tecniche basate sulla pirolisi analitica hanno mostrato ottimi risultati nell'analisi di microplastiche, in quanto permettono di ottenere informazioni quantitative non solo sui polimeri che costituiscono le microplastiche ma anche sui contaminanti ad esse associati. Tuttavia, a seconda della matrice ambientale, il pretrattamento del campione prima dell'analisi può richiedere diversi passaggi.

In questo lavoro, abbiamo impiegato estrazione e digestione assistite da microonde insieme con la pirolisi analitica accoppiata alla gas cromatografia-spettrometria di massa (Py-GC-MS), per caratterizzare e quantificare le microplastiche e diverse classi di inquinanti in campioni ambientali. L'estrazione assistita da microonde è stata utilizzata in condizioni blande per estrarre ftalati, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili (PCB) e contaminanti emergenti (CEC) dalla matrice ambientale. Per isolare le microplastiche dalla matrice organica, è stata invece impiegata la digestione assistita da microonde. I recuperi (%) dei contaminanti organici e delle microplastiche, sono stati calcolati usando farina di cozze liofilizzate come matrice di riferimento, fortificando la matrice con gli analiti e sottoponendola al metodo analitico sviluppato (Figura 1).

Questo metodo ha permesso la quantificazione di oltre 30 diversi contaminanti organici in un'unica corsa cromatografica, con rese superiori all'87% nella maggior parte dei casi e limiti di rilevabilità (LOD) e quantificazione (LOQ) nell'ordine dei nanogrammi. Per quanto riguarda l'analisi di microplastiche, sono state ottenute rese superiori all'84% per la maggior parte dei polimeri.

Dopo essere stato validato, il metodo è stato applicato a diversi campioni ambientali forniti nell'ambito di progetti nazionali e internazionali, per l'analisi di microplastiche; analisi preliminari hanno rivelato la presenza di polistirene e polietilene in campioni di organismi marini.

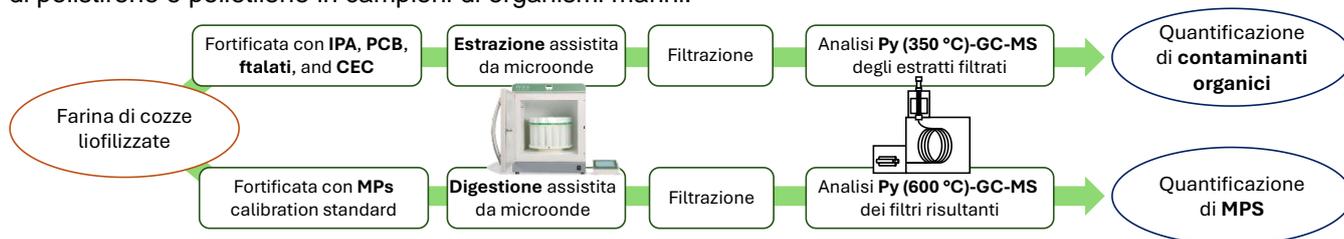


Figura 1 Procedimento analitico per la quantificazione di contaminanti organici e microplastiche usando farina di cozze liofilizzate come matrice di riferimento.

Questa ricerca è stata supportata dal North Atlantic Microplastic Centre (NAMC), e dal progetto PRIN2022 PNRR "DIORAMA-A deep dive into the study of microplastics in aqueous matrices" (2023-2025).

Riferimenti bibliografici:

1. Biale G., La Nasa J., Fiorentini L., Ceccarini A., Carnaroglio D., Mattonai M., Modugno F. Characterization and quantification of microplastics and organic pollutants in mussels by microwave-assisted sample preparation and analytical pyrolysis. *Environmental Science: Advances* 2024; 3; 76-84.
2. Zhang L., Hoagland L., Yang Y., Becchi P.P., Sobolev A.P., Scioli G., La Nasa J., Biale G., Modugno F., Lucini L. The combination of hyperspectral imaging, untargeted metabolomics and lipidomics highlights a coordinated stress-related biochemical reprogramming triggered by polyethylene nanoparticles in lettuce. *Science of the Total Environment* 2025; 964; 178604.

Gli anfipodi polari come bioindicatori dell'inquinamento da microplastiche (< 100 µm)

Fabiana Corami,^{1,2} Giulia Vitale,^{1,2} Valentina Iannilli³, Beatrice Rosso^{1,2}, Massimiliano Vardè¹, Gabriella Caruso⁴

¹ Istituto di Scienze Polari, CNR-ISP, Venezia-Mestre, Italia; ² Dip. Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari, Venezia, Italia; ³ Laboratorio Biodiversità ed Ecosistemi, ENEA Centro Ricerche Frascati, Frascati (RM), Italia; ⁴ Istituto di Scienze Polari, CNR-ISP, sede di Messina, Italia;

Keyword: Isole Svalbard, Anfipodi, Additivi Plastici, Small microplastics, Tire wear particles

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

L'effettiva conoscenza del *plastic load* e di come le microplastiche stanno cambiando gli organismi e l'ambiente che li circonda manca. È perciò fondamentale poter colmare questo gap di conoscenza, soprattutto perché i percorsi delle microplastiche e delle altre particelle antropogeniche (additivi plastici, fibre artificiali, bioplastiche) portano dalle aree a media latitudine verso i poli, aree che da sempre sono state considerate remote, ma che in realtà sono sottoposte a diversi impatti significativi, soprattutto a causa del cambiamento climatico globale. In questo quadro si inserisce quindi il progetto Microtracer (PRA); l'individuazione di organismi bioindicatori del *plastic pollution* è tra gli obiettivi principali di questo progetto.

Sono stati quindi campionati organismi appartenenti a diverse specie di Anfipodi, quali ad esempio *Gammarus setosus* e *Ischyrocerus anguipes*. Come ordine, gli Anfipodi sono molto studiati ed utilizzati come bioindicatori ambientali. Da studi precedenti è stato osservato che esemplari di *G. setosus* possono effettivamente ingerire microplastiche di dimensioni inferiori ai 100 µm (*small microplastics*, SMPs, (1)). L'ingestione di SMPs è stata osservata in altri organismi, quali ad esempio molluschi o larve di insetti, organismi che sono alla base della rete trofica. Poiché, a loro volta, gli organismi sono preda di altri organismi dei diversi livelli della rete trofica, era fondamentale investigare il *plastic load* degli organismi interi.

Gli anfipodi sono stati raccolti in tre siti differenti del Kongsfjorden (Fig. 1) in due momenti diversi della stagione estiva. Alcuni degli organismi raccolti sono stati utilizzati per il riconoscimento tassonomico. Per l'analisi delle microplastiche, gli organismi sono stati sottoposti ad una pseudodigestione (2), senza però andare a denaturare/degradare ulteriormente le microplastiche e anche le altre particelle antropogeniche che possono essere osservate negli organismi (ad esempio, gli additivi plastici e le fibre artificiali)



Fig. 1: Mappa dei siti di campionamento

Dopo la pseudodigestione, si è proceduto ad una filtrazione su filtri in ossido di alluminio (0.2 µm, 47 mm), poi lasciati ad asciugare in capsule di Petri precedentemente decontaminate. Tutte le operazioni sono state condotte in una Clean room ISO 7, che è plastic free.

Successivamente, i filtri sono stati analizzati tramite Micro-FTIR, effettuando una analisi quantitativa (conta microscopica) e una simultanea identificazione delle particelle. Le differenze osservate sono risultate

significative (test Mann Withney U, $\alpha = 0.05$); applicando il test di Kruskal Wallis, le differenze sono risultate statisticamente significative. Oltre a diversi polimeri plastici, è stata osservata la presenza di *tire wear particles*, particelle derivanti dall'usura degli pneumatici. La distribuzione delle particelle è risultata essere molto diversa non solo tra siti, ma tra specie. In relazione alla presenza e diffusione delle specie di Anfipodi, questi organismi si sono rilevati ottimi bioindicatori dell'inquinamento da plastiche

Riferimenti bibliografici:

1. Iannilli, V., Pasquali, V., Setini, A., & Corami, F. First evidence of microplastics ingestion in benthic amphipods from Svalbard. *Environmental research*, (2019). 179, 108811.
2. Corami, F., Rosso, B., Roman, M., Picone, M., Gambaro, A., & Barbante, C. Evidence of small microplastics (< 100 μm) ingestion by Pacific oysters (*Crassostrea gigas*): A novel method of extraction, purification, and analysis using Micro-FTIR. *Marine Pollution Bulletin*, (2020), 160, 111606...

Studio della dispersione e valutazione del potere ossidativo di micro e nanoplastiche

Ortelli S.¹, Zanoni I.¹, Blosi M.¹, Costa A.L.¹

¹ Istituto di Scienza, Tecnologia e Sostenibilità per lo sviluppo dei materiali ceramici, Consiglio Nazionale delle ricerche, Via Granarolo, 64 48018 Faenza (RA), Italia

Keyword: Micro e nanoplastiche; Dispersione; Potere ossidativo

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Le microplastiche (MP) rappresentano una contaminazione ambientale di portata globale, poiché vengono rilasciate e disperse su vasta scala. Per microplastiche si intendono particelle polimeriche di dimensioni microscopiche, derivanti dalla frammentazione di rifiuti plastici dispersi nell'ambiente (MP secondarie) o prodotte intenzionalmente per specifici usi industriali e rilasciate direttamente da diverse fonti antropiche (MP primarie). Dalla frammentazione / degradazione delle MPs derivano le nanoplastiche (NPs), la cui aumentata probabilità di penetrare nei sistemi biologici accresce il pericolo associato con questa nuova classe di inquinanti.

In questo studio, sono stati selezionati diverse micro e nanoplastiche (MNPs) con composizioni, forme e dimensioni variabili, sui quali sono state eseguite analisi di caratterizzazione di base e specifiche per predire eventuali rischi associati¹. Sono state quindi selezionate MNPs all'interno del portfolio messo a disposizione dal progetto europeo H2020 "PlasticsFatE". Preliminarmente, un protocollo di dispersione è stato definito testando diversi surfattanti (bovine serum albumine (BSA), a mixture of lipopeptides (LP) e Tween 60), al fine di disperdere in acqua anche i campioni più difficili, caratterizzati da idrofobicità e dimensioni micrometriche. La stabilizzazione con BSA ha mostrato risultati particolarmente promettenti. Le MNPs selezionate sono state sottoposte a test specifici per valutare il loro potere ossidativo, utilizzando molecole target come il glutatione (GSH) e il reagente p-nitrosodimethylaniline (RNO) per monitorare la produzione di reactive oxygen species (ROS) e radicali ossidrilici ($\bullet\text{OH}$), rispettivamente. I risultati hanno indicato una reattività trascurabile dei campioni analizzati, in linea con i preliminari dati di citotossicità generati dal progetto PlasticsFatE, che hanno mostrato bassi impatti sulla salute dell'uomo².

Ringraziamenti: Questo studio ha ricevuto finanziamenti dal progetto europeo H2020 "PlasticsFatE" (GA N 965367) e dal progetto nazionale PRIN PNRR 2022 "DOMANI" (N P2022SET7C).

Riferimenti bibliografici:

1. Zanoni I., Briccolani L., Faccani L., Blosi M., Ortelli S., Crosera M., Marussi G., Albonetti S., Costa A.L., Characterization of polyethylene and polyurethane microplastics and their adsorption behavior on Cu^{2+} and Fe^{3+} in environmental matrices. *Environmental Sciences Europe* 2025; 37; 21.
2. Perc V., Kononenko V., Jeliakova N., Hočevar M., Kralj S., Makovec D., Caf M., T Drobne D., Novak S. Cytotoxicity assessment of HDPE microplastic on *Tetrahymena thermophila* (Protozoa, Ciliate): Assuring quality and FAIR data. *Chemosphere* 2024; 368; 143714.

Creazione delle prime librerie spettrali FT-NIR per l'analisi delle Small Microplastics in campioni ambientali reali: dalle deposizioni atmosferiche alle acque del bacino scolante della Laguna di Venezia

Rosso B.^{1,2*}, Bravo B.³, Gambaro A.¹, Corami, F.^{1,2}

¹ Institute of Polar Sciences, CNR-ISP, Campus Scientifico – Ca' Foscari University of Venice, Via Torino, 155, 30172 Venezia-Mestre, Italy

² Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University of Venice, Via Torino, 155, 30172 Venezia-Mestre, Italy

³ Thermo Fisher Scientific, Str. Rivoltana, Km 4, 20090 Rodano, Italy

E-mail contact: beatrice.rosso@unive.it

Keyword: FTIR-NIR, *small microplastics*, deposizioni atmosferiche, Bacino scolante, cross-validazione

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

Le *small microplastics* (SMPs, <100 μm) rappresentano una crescente minaccia ambientale, spesso sottovalutata a causa delle numerose difficoltà analitiche legate alla loro ridotta dimensione. La mancanza di standardizzazione nelle metodologie analitiche e l'eterogeneità dei protocolli presenti in letteratura rende complesso ottenere dati comparabili e attendibili sull'impatto delle SMPs su ambiente e salute umana. Il seguente studio introduce un approccio innovativo basato sulla spettroscopia Micro-FT-NIR per caratterizzare le SMPs, attraverso la creazione di librerie spettrali calibrate su diverse matrici ambientali: campioni di deposizioni atmosferiche umide campionate a Mestre (Venezia) e acque derivanti dal bacino scolante provenienti dalla Laguna di Venezia. Inizialmente, sono stati testati due supporti analitici: vetrini di BaF₂ e filtri ANODISC, filtri in lamina di allumina progettati in modo da simulare più fedelmente le condizioni ambientali, offrendo un contesto più realistico per l'analisi dei campioni ambientali reali. A questi sono stati aggiunte e filtrate SMPs commercialmente disponibili di diversa dimensione (come Polietilene a bassa densità LDPE e Polipropilene PP), per verificare l'idoneità dei supporti e la resa spettrale. I risultati hanno mostrato che entrambi i supporti hanno fornito spettri di SMPs in FT-NIR affidabili senza differenze significative in termini di accuratezza o chiarezza dei dati spettrali ottenuti da ciascun substrato. I filtri Anodisc si sono confermati un supporto adeguato all'analisi delle SMPs in campioni ambientali. Sono state così sviluppate librerie in FTIR-NIR confermando elevate percentuali di match spettrali (>90%) e l'idoneità dei supporti [1].

L'analisi è stata poi effettuata utilizzando dei veri campioni ambientali, i quali sono stati prima processati all'interno di una *clean room* ISO 7 adottando specifiche procedure di QA/QC (Quality Assurance and Quality Control) per evitare la contaminazione in ogni step di processamento e analisi del campione. I campioni sono stati processati con metodologie *mild*, evitando agenti aggressivi per evitare degradazione degli analiti di interesse e per le acque è stata adottata una procedura di oleo estrazione [2]. Tutti i campioni sono poi stati purificati e filtrati su filtri ANODISC. Dalle analisi ottenute in FT-NIR viene confermata la presenza di SMPs in entrambe le tipologie di campioni reali. Per esempio le SMPs di LDPE sono match identificativo in media dell'85% confrontando con le librerie create.

I risultati ottenuti dai filtri confermano la spettroscopia FT-NIR come tecnica rapida e riproducibile per la caratterizzazione delle SMPs in matrici ambientali complesse, aprendo nuove prospettive per l'armonizzazione metodologica e il monitoraggio su larga scala di microplastiche in ambienti di diversa tipologia e grado di urbanizzazione.

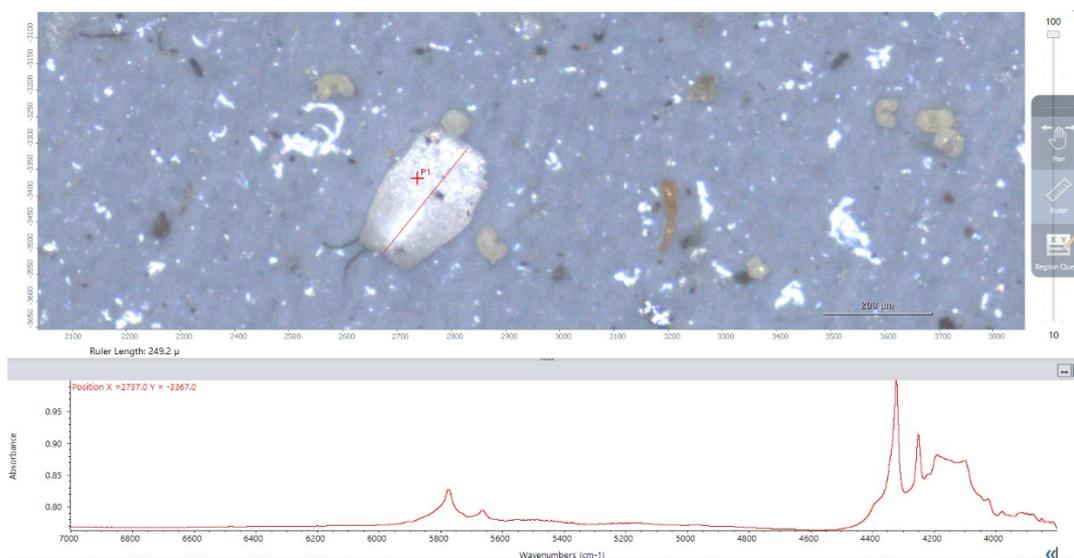


Fig. 1 Caratterizzazione chimica di una SMPs in un campione di deposizione atmosferica filtrato in filtri ANODISC con corrispondente spettro in FTIR-NIR di LDPE (match 85%).

Riferimenti bibliografici:

1. Corami F., Rosso B., Morabito E., Rensi V., Gambaro A., Barbante C., 2021. Small microplastics (< 100 μm), plasticizers and additives in seawater and sediments: Oleo-extraction, purification, quantification, and polymer characterization using Micro-FTIR. *Science of The Total Environment*, 797, 148937. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148937>
2. Rosso B., Corami F., Bravo, B., 2025. Analysis of microplastics in urban rains using Micro-FTIR-NIR. *Application note of thermo Fisher Scientific MCS-AN1268-EN 1/25* <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CAD/Application-Notes/vib-microplastics-with-ftir-raptir-mcs-an1268-en.pdf>

Distribuzione e presenza delle microplastiche nella Laguna di Venezia e nel suo bacino scolante

Santi A.^{1,2}, Nesto N.¹, Marčeta T.¹, Falcieri F.M.¹, Finotto S.¹, Dametto L.¹, Moschino V.¹

1. Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia
2. Università di Ca' Foscari, Italia

Microplastiche, Monitoraggio, Laguna di Venezia, Bacino Scolante della laguna

La presenza di microplastiche è stata documentata in tutti gli ecosistemi acquatici, inclusi ambienti estremi come gli abissi oceanici, le regioni tropicali e aree remote quali le calotte polari (1). Negli ultimi anni numerosi studi si sono concentrati sull'identificazione delle potenziali sorgenti, degli effetti e della distribuzione di questo contaminante emergente (2). Nonostante gli sforzi, le informazioni sulla presenza e distribuzione delle microplastiche negli ambienti marini e di transizione rimangono ancora scarse.

Le lagune costiere sono ambienti transitori di grande importanza ecologica e socioeconomica in quanto rappresentano hotspot di biodiversità e forniscono preziosi servizi ecosistemici. Tuttavia, questi ambienti sono soggetti a numerose pressioni antropiche, tra cui l'inquinamento da microplastiche. In questo studio, si è indagata la presenza di microplastiche nelle acque superficiali della laguna di Venezia e, per la prima volta, del suo bacino scolante.

Nello specifico 15 siti nella laguna e 12 nel bacino scolante sono stati selezionati ed indagati in quattro campagne stagionali da maggio 2023 a febbraio 2024, per un totale di 108 campioni. Il campionamento è stato effettuato utilizzando 2 diverse metodologie di campionamento: il retino "Manta" per l'area Lagunare e la pompa ad immersione per il bacino scolante. La scelta di due metodi di campionamento è dovuta alle condizioni ambientali: inizialmente era prevista l'applicazione della Manta in entrambe le aree, ma l'assenza di corrente nel bacino scolante, fondamentale per il suo impiego, ha reso preferibile l'uso di una pompa ad immersione. Entrambi gli strumenti sono stati dotati di un collettore con maglia di 330 μm per uniformare il range dimensionale dei campioni. L'analisi dei campioni d'acqua è stata effettuata in entrambe le aree mediante estrazione delle microplastiche tramite setacciatura del campione utilizzando setaccio di acciaio avente maglia di 300 μm a cui è seguito il conteggio allo stereomicroscopio. Le microplastiche individuate sono state definite per colore e forma.

In tutti i campioni raccolti ed analizzati sono state trovate microplastiche (Fig. 1).



Figura 1 - Concentrazione delle microplastiche per i 27 siti nelle 4 stagioni (in ordine da destra a sinistra: primavera, estate, autunno e inverno). Legenda: ○ 0,1 – 0,5 MP/m³; ● 0,5 – 1 MP/m³; ● 1 – 2 MP/m³; ● 2 – 10 MP/m³; ● 10 – 20 MP/m³; ● 20 – 40 MP/m³; ● 40 – 70 MP/m³; * 70 – 164,79 MP/m³.

Le concentrazioni rilevate risultano generalmente più elevate nel bacino scolante rispetto all'ambiente lagunare. Tale evidenza può essere attribuita alla maggiore prossimità a potenziali fonti di microplastiche in ambito fluviale, quali insediamenti urbani, attività agricole e aree industriali. Inoltre, la porzione settentrionale del bacino idrografico, corrispondente ai principali affluenti della laguna, ha mostrato i livelli più alti di contaminazione rispetto a quella meridionale. In generale, i risultati suggeriscono un gradiente di contaminazione che si sviluppa dall'entroterra verso la costa. Lo studio prevede anche l'analisi chimica dei polimeri delle microplastiche estratte, che verrà eseguita nei prossimi mesi.

La ricerca è stata finanziata dall'ARPAV, ente regionale per la protezione e la prevenzione dell'ambiente del Veneto, nel quadro della BSL 6 (Proseguimento delle attività di monitoraggio ambientale delle microplastiche nel Bacino Scolante e in Laguna di Venezia).

1. Lusher, A., Microplastics in the marine environment: distribution, interactions and effects. *Marine anthropogenic litter* 2015;
2. Thompson, R. C., Courtenne-Jones, W., Boucher, J., Pahl, S., Raubenheimer, K., & Koelmans, A. A. (2024). Twenty years of microplastic pollution research—what have we learned? *Science*, 386(6720), eadl2746;

Nanoplastiche e microambiente osseo: effetto dello stress ossidativo sulle cellule dell'osso e sulla comunicazione mediata dalle vescicole extracellulari del mieloma multiplo.

Sauro G.¹, Villa A.¹, De Felice B.², Chiaramonte R.¹, Ciana P.¹, Lesma E.¹, Chiu M.³, Parolini M.², Casati L.^{1*}

¹ Dipartimento di Scienze della Salute, Università di Milano, Via Antonio di Rudinì 8, 20142 Milano, Italia

² Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Università di Milano, Via Celoria 26, 20133 Milano, Italia

³Dipartimento di Medicina e Chirurgia, Università di Parma, Via Volturno 39, 43125 Parma, Italia

Keyword: Nanoplastiche, Osso, Vescicole Extracellulari, Stress Ossidativo, Mieloma Multiplo

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Negli ultimi decenni l'inquinamento da plastica è diventato una delle sfide ambientali e di salute pubblica più riconosciute a livello globale. La presenza di micro- e nanoplastiche (MNPs) in acque dolci, ambienti marini, sedimenti e suoli è ampiamente documentata, tuttavia, ci sono poche informazioni riguardanti l'impatto delle NPs sulla salute umana. In virtù delle loro ridotte dimensioni, le NPs penetrano nei tessuti biologici e interferiscono con funzioni cellulari fondamentali. L'effetto tossico delle NPs è principalmente mediato dall'induzione di stress ossidativo (OS), fattore noto per compromettere l'integrità dello scheletro e favorire il riassorbimento osseo. Considerando che il microambiente osseo (MO) rappresenta una nicchia privilegiata per lo sviluppo e la progressione di alcuni tumori, il presente studio si propone di valutare l'impatto delle NPs sia in condizioni fisiologiche che patologiche, con particolare attenzione al mieloma multiplo (MM) in cui le vescicole extracellulari (EVs) rivestono un ruolo importante nell'educazione della nicchia tumorale. Secondo scopo di questo lavoro è stato analizzare gli effetti dell'OS indotto dalle NPs anche sulla comunicazione intercellulare EV-mediato fra MO e cellule di MM.

In un primo approccio, cellule ossee murine sono state esposte a diverse concentrazioni di NPs (1–200 µg/ml). I risultati hanno evidenziato che le NPs inducono una significativa riduzione della vitalità cellulare, un aumento della produzione di specie reattive dell'ossigeno (ROS) e l'attivazione delle caspasi 3/7, indicando l'induzione di apoptosi. Inoltre, le NPs compromettono la capacità migratoria dei pre-osteoblasti, stimolano l'osteoclastogenesi e alterano l'espressione genica di marcatori infiammatori e osteogenici. Questi dati suggeriscono un effetto negativo diretto delle NPs sul bilancio tra formazione e riassorbimento osseo in un contesto fisiologico.

In parallelo, abbiamo valutato gli effetti di un'esposizione di 48 ore alle NPs (1-200 µg/ml) sia in cellule stromali umane che in cellule di MM. I risultati indicano che le NPs inducono una diminuzione della vitalità e della proliferazione di entrambe le linee cellulari correlata ad un aumento di ROS e dell'espressione di geni coinvolti nella risposta antiossidante. Successivamente abbiamo dimostrato che le NPs alterano il profilo delle MM-EVs in termini di concentrazione e dimensione e dal punto di vista morfologico. Il trattamento di pre-osteoblasti con queste MM-EVs alterate ha poi rivelato che le NPs inducono anche un cambiamento nel contenuto vescicolare che si traduce in un effetto funzionale. Infatti, l'esposizione alle NPs influenza la capacità delle MM-EVs di creare un ambiente supportivo alla progressione del MM.

Nel complesso, i dati ottenuti suggeriscono un duplice ruolo delle NPs nel MO: da un lato, come agenti tossici che alterano l'omeostasi scheletrica, dall'altro, come strumenti capaci di modulare la comunicazione intercellulare EV-mediata in contesti patologici. Queste osservazioni aprono nuove prospettive sull'utilizzo controllato delle NPs come strategie terapeutiche innovative per la gestione delle lesioni osteolitiche nel MM.

***In Vitro* Evidence of Gut Dysbiosis and Metabolic Disruption Induced by Dietary Microplastics in Humans**

Valerii MC.¹, Nissen L.², Spisni E.¹, Spigarelli R.¹, Casciano F.², Fabbri E.³, Fabbri D.⁴, Zulfiqar H.⁴, Coralli I.⁴, Gianotti A.²

¹Department of Biological, Geological and Environmental Science, Alma Mater Studiorum University of Bologna, Via Selmi 3 40126, Bologna, Italy.

²DiSTAL - Department of Agricultural and Food Sciences, Alma Mater Studiorum - University of Bologna, P.za G. Goidanich, 60 47521, Cesena, Italy

³Department of Biological, Geological and Environmental Science, Alma Mater Studiorum University of Bologna, via S. Alberto 163 48123, Ravenna, Italy.

⁴Department of Chemistry "Giacomo Ciamician", Alma Mater Studiorum - University of Bologna, Tecnopolo di Rimini, via Dario Campana 71 47922, Rimini, Italy.

Tipo di submission: Presentazione Orale

Microplastics (MPs) have inevitably become part of the human diet, adding to a long list of food additives and pesticides that are now routinely consumed. Increasing numbers of studies demonstrate the occurrence of MPs in matrices to which humans are extensively exposed (1). Investigations conducted on aquatic animals revealed MPs occurrence and toxicity, mainly oxidative stress, enzymatic and metabolic alterations, reduced fertility, inflammatory responses, and disruptions of the immune system in exposed organisms. Moreover, indirect effects have been observed due to the release of environmental contaminants adsorbed onto MPs within the digestive tract, further exacerbating their toxicity. In mammals, MPs have mainly been studied in mice (2). In these experimental models different types of MPs were orally administered at various doses and over different exposure periods. The results often showed a dose, time and size-dependent alteration in gut microbial composition, bacterial metabolism, and intestinal barrier integrity, and all these changes were associated with inflammation of the gastrointestinal tract or with development of metabolic disorders. Moreover, several studies have reported systemic effects of MPs ingestion, including hepatic stress and neuroinflammation, caused by the translocation of microplastics to organs such as the liver, brain, and also placenta. In our study, the Multi-Unit In Vitro Colon Model (MICODE®) (3) was employed to assess the impact of MPs on the human gut microbiota and metabolome of healthy adults. Fecal samples from healthy donors were fermented for 48 hours in the presence of 0.166 g or 0.033 g of pooled digested polystyrene (PS) and polyethylene (PE) (1:1) MPs. Results showed a shift in the microbiota trajectory towards a proinflammatory composition. In particular, the increase in the abundance of Firmicutes and a decrease in Bacteroidetes, with a significantly increased F/B ratio was recorded. In addition, a depletion of taxa addressed to as probiotic, such as *Akkermansia mucinifila* and *Faecalibacterium prausnitzii*, as well as a diminution of *group IV clostridia*, were found associated with the increase in the abundance of proinflammatory taxa such as *Enterobacteriaceae*, *Clostridium group I*, *Desulfovibrio spp.*, and *Escherichia coli*. Consistent with the changes observed at the microbiota level, a decrease in organic acids was observed in a dose- and time-dependent manner (C2-C9) as well as an increase in aromatic compounds in their detrimental forms such as phenols, indoles and p-cresols. Overall, our data suggests that chronic exposure to microplastics may represent an additional risk factor for the development of dysbiosis and chronic disorders.

Keywords: microplastics; human colon; microbiota; volatilome; dysbiosis.

1)Seewoo BJ., Goodes LM., Mofflin L., Mulders YR., Wong EV., Toshniwa, P., Brunner M., Alex J., Johnston B., Elagali A., Gozt A., Lyle G., Choudhury O., Solomons T., Symeonides C., Dunlop S.A. The plastic health map: A systematic evidence map of human health studies on plastic-associated chemicals. *Environ. Int.* 2023. 181, 108225. doi: 10.1016/j.envint.2023.108225

2)Liu W., Zhang B., Yao Q., Feng X., Shen T., Guo P., Wang P., Bai Y., Li B., Wang P., Li R., Qu Z. and Liu N. Toxicological effects of micro/nano-plastics on mouse/rat models: a systematic review and meta-analysis. *Front. Public Health* 2023. 11:1103289. doi: 10.3389/fpubh.2023.1103289

3)Nissen L., Casciano F., Babini E., Gianotti A. Beneficial metabolic transformations and prebiotic potential of hemp bran and its alcalase hydrolysate, after colonic fermentation in a gut model. *Sci. Rep.* 2023. 13, 1552. doi:10.1038/s41598-023-27726-w.

Internalizzazione di Microplastiche ed Effetti Subletali in Efire di *Pelagia noctiluca*

Ferrari V.^{1,2}, Prevedelli D.², Bergami E.^{2,3}

¹Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, Modena, Italia

²Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Modena, Italia

³National Biodiversity Future Center, Palermo, Italia

Parole chiave: Zooplancton gelatinoso, Ecotossicologia, Microplastiche, Polistirene

Tipo di presentazione: Comunicazione Orale

Abstract:

Le microplastiche (MP, < 5 mm) sono contaminanti ubiquitari negli ecosistemi marini e rappresentano una minaccia crescente per la biodiversità. Numerosi studi hanno evidenziato gli impatti delle MP su diversi gruppi di organismi e, in particolare, sullo zooplancton¹. Gli organismi zooplanctonici gelatinosi, come le meduse, sono ampiamente distribuiti nei mari e negli oceani, costituendo componenti chiave delle reti trofiche. Essendo inoltre esposte ai contaminanti presenti nella colonna d'acqua attraverso molteplici vie², le meduse possono essere utili bioindicatori dell'inquinamento da plastiche. Tuttavia, le conoscenze attuali sugli effetti delle MP in questo gruppo di organismi sono ancora limitate a poche specie.

In questo studio è stata indagata per la prima volta la tossicità derivante dall'internalizzazione di MP nella scifomedusa *Pelagia noctiluca*, una specie chiave del Mar Mediterraneo. L'indagine si è focalizzata sullo stadio di efira, recentemente proposto come modello promettente in ecotossicologia marina³.

Efire di *P. noctiluca* (10 individui/pozzetto) sono state esposte a concentrazioni ambientali (0,01-0,1 mg/L) ed elevate (1-10 mg/L) di microsferi fluorescenti di polistirene (PS, 10 µm). Dopo 24 e 48h di esposizione, sono stati valutati mortalità e alterazioni del nuoto (i.e., frequenza di pulsazione). L'internalizzazione delle MP è stata inoltre determinata anestetizzando le efire con mentolo e fissandole con una soluzione di paraformaldeide (PFA) al 4% per l'osservazione al microscopio ottico a fluorescenza. A tal fine, sono stati condotti test per determinare il metodo di fissazione più adatto allo studio dell'ingestione di MP nelle efire. L'esposizione a breve termine alle MP non ha causato mortalità a nessuna delle concentrazioni testate.

Tuttavia, dopo 48h, alle concentrazioni più elevate sono state osservate alterazioni nel comportamento natatorio delle efire. L'interferenza meccanica esercitata dalle MP potrebbe compromettere l'efficienza del nuoto, influenzando negativamente la funzionalità neurosensoriale e la simmetria radiale, entrambi aspetti importanti per la motilità nelle meduse. Dalle osservazioni al microscopio è stata evidenziata l'ingestione di MP da parte delle efire. Un numero limitato di microsferi fluorescenti è stato rilevato all'interno dei canali gastrici dopo 48h di esposizione. È emerso inoltre che il metodo di fissazione influenza significativamente il numero di MP trattenute dalle efire. Il mentolo ha portato a una perdita del 14,5% delle microsferi ingerite, poiché causa il rilassamento della muscolatura e l'apertura del manubrio, mentre la fissazione con PFA ha causato una perdita del 25,8%. Questi risultati sottolineano la necessità di adattare e validare i metodi di fissazione per lo studio delle MP e di altre particelle antropogeniche negli organismi.

I dati raccolti contribuiscono a migliorare la comprensione delle interazioni tra MP e zooplancton gelatinoso, fornendo indicazioni sulla vulnerabilità degli stadi giovanili all'inquinamento da MP e sottolineando il potenziale delle efire di *P. noctiluca* come modello sensibile per la valutazione degli effetti delle MP.

Riferimenti bibliografici:

1. Botterell Z. L., Beaumont N., Dorrington T., Steinke M., Thompson R. C., Lindeque P. K. Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: A review. *Environmental Pollution* (2019); 245; 98-110.
2. Macali A., Bergami E. Jellyfish as innovative bioindicator for plastic pollution. *Ecological Indicators* (2020); 115; 106375.
3. Faimali M., Garaventa F., Piazza V., Costa E., Greco G., Mazzola V., Beltrandi M., Bongiovanni E., Lavorano S., Gnone G. Ephyra jellyfish as a new model for ecotoxicological bioassays. *Marine environmental research* (2014); 93; 93-101.

Effetti biologici dei lisciviati della plastica commerciale e invecchiata in mare

Mongera F.¹, Pittura L.¹, Mazzoli C.¹, Vivani V., Mosca T., Grifoni F., Bacchiocchi S., Tavoloni T.², Ottaviani D.², Piersanti A.², Regoli F., Gorbi S.¹

¹Dipart. di Scienze della Vita e dell'Ambiente (DiSVA), Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italia;

²Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche (ISZUM) "Togo Rosati", Ancona, Italia.

Keyword: plastica, lisciviati, saggi ecotossicologici, biomarkers, WOE

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

La plastica presente negli ecosistemi acquatici può causare danni meccanici agli habitat e agli organismi e ha la potenzialità di favorire il trasporto, il rilascio e il bioaccumulo di numerosi additivi e inquinanti adsorbiti (Pittura *et al.*, 2022). Nonostante l'attenzione crescente, esistono numerose lacune nella comprensione della tossicità dei composti lisciviati dalla plastica e dei fattori che possono influenzare la capacità di adsorbimento-desorbimento di queste sostanze.

Questo studio mira a valutare il rischio associato al rilascio di sostanze potenzialmente pericolose da oggetti plastici commerciali e invecchiati in ambiente marino, attraverso un approccio che integra analisi chimiche esposizioni *in vivo* e saggi ecotossicologici.

Frammenti di 1 cm² sono stati ottenuti da lastre in polistirene (PS), tubi in poliuretano (PUR), retini da mitilicoltura in polipropilene (PP) e tubi in polivinilcloruro (PVC), sia commerciali che invecchiati in mare per 3 mesi. Tali frammenti sono stati utilizzati sia per una esposizione *in vivo* che per la preparazione di elutriati testati in una batteria di saggi ecotossicologici. Gli elutriati sono stati preparati mantenendo in agitazione i frammenti per 72 h in acqua di mare artificiale, con rapporto plastica/acqua 100 g/L per PVC, PP, PUR e 30 g/L per PS, per il suo basso peso specifico. L'analisi chimica effettuata sugli elutriati non ha evidenziato livelli significativi di ritardanti di fiamma bromurati (BFR), PFASs, Bisfenolo-A (BPA), idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e metalli pesanti. Alcuni congeneri di ftalati presentavano invece concentrazioni intorno a 1 ng/mL, con valori fino a 1,48 ng/mL nel PUR commerciale.

Per l'esposizione *in vivo*, organismi della specie modello *Mytilus galloprovincialis* sono stati esposti per 21 giorni a frammenti di PS (5 g/L) e di PUR, PP e PVC (10 g/L) per verificare alterazioni a livello biochimico e cellulare come risposta alla possibile lisciviazione di composti associati alla plastica. Risultati preliminari ottenuti dall'analisi di biomarker di neurotossicità, genotossicità ed effetti sul sistema immunitario, antiossidante e metabolismo lipidico, hanno evidenziato una generale modulazione dei parametri immunitari e del sistema colinergico, con variazioni più significative nei gruppi esposti a PUR e PS commerciale e invecchiato.

La tossicità degli elutriati a 0.1, 0.5, 1, 10, 30 e 100 g/L è stata testata usando una batteria di saggi: inibizione della bioluminescenza in *Alivibrio fischeri*, inibizione della crescita algale in *Phaeodactylum tricornutum* e embriotossicità in *Crassostrea gigas*. L'integrazione ponderata dei risultati ottenuti dai singoli saggi attraverso un modello di rischio *Weight of Evidence (WOE)* ha evidenziato una maggior tossicità per le plastiche commerciali, soprattutto a partire da 10 g/L.

Le evidenze di questo studio serviranno a fornire ulteriori informazioni per chiarire il ruolo delle plastiche come vettori di contaminanti e il rischio associato per il biota marino.

Riferimenti bibliografici:

Pittura L., Tavoloni T., Ventura L., Stramenga A., d'Errico G., Lo Vaglio G., Regoli F., Piersanti A. and Gorbi S. Microplastics and Brominated Flame Retardants in Freshwater Fishes From Italian Lakes: Implication for Human Health. *Front. Water, Sec. Water and Human Health, Sec. 4, 2022.*

Integrazione di saggi ecotossicologici nello studio degli effetti di microplastiche derivate da schiume poliuretaniche sostenibili

Rossella Daniela Bengalli¹, Patrizia Bonfanti¹, Anita Colombo¹, Pamela Floris¹, Alessandra Lama¹, Ludovica Martinelli¹, Francesco Saliu¹, Federica Recupido², Giuseppe Cesare Lama², Letizia Verdolotti², Paride Mantecca¹.

¹Centro di Ricerca POLARIS, Dip. di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126, Milano, Italia; ²Istituto per i Polimeri, Compositi e Biomateriali (IPCB), Centro Nazionale delle Ricerche, P.le Enrico Fermi 1 (località Granatello) Portici, (NA), Italia

Keyword: bio-nanomateriali, schiume poliuretaniche *bio-based*, microplastiche, Fish Embryo acute Toxicity (FET) test.

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

Le schiume poliuretaniche rigide (PUR), a base di precursori di origine petrolchimica, sono tra i materiali polimerici più diffusi nel settore edilizio. Il potenziale contributo all'impronta carbonica durante la loro produzione e al rilascio di microplastiche in ambiente, durante la loro fase di utilizzo e fine vita, rappresenta un rischio per l'ambiente. Per ridurre l'impatto ambientale, schiume PUR prodotte a partire da precursori, in particolare polioli, ottenuti da fonti rinnovabili, quali biomasse lignocellulosiche e oli vegetali, stanno emergendo come possibili alternative più sostenibili. Al fine di raggiungere *performances* meccaniche e termiche comparabili o superiori a quelle dei materiali convenzionali, le schiume poliuretaniche possono essere additivate con nanofillers, contenenti bio-nanomateriali derivati da scarti agricoli.^[1] Tuttavia, le caratteristiche in termini di ecocompatibilità delle schiume bio-PU sono poco note, così come anche il loro comportamento nel tempo. Lo scopo di questo lavoro è quello di valutare l'impatto ecotossicologico in seguito all'invecchiamento accelerato (*aging*) di schiume PUR di diversa formulazione: schiume convenzionali (petroleum based, PB) e schiume di bio-origine (BB) senza e con nanofiller (BBF) a base di silice nanoparticellare ottenuta da biomasse. I campioni sono stati sottoposti ad *aging* in camera climatica (70°C, 90% umidità relativa) per 0, 2 e 14 giorni. Successivamente sono stati condotti esperimenti di lisciviazione (*leaching*) che simulano la fase di utilizzo delle schiume^[2], in seguito ai quali sono stati valutati parametri chimici (pH, conducibilità e TOC), il potenziale rilascio di microplastiche tramite analisi μ FTIR, e il loro impatto ecotossicologico mediante *Microtox Acute Toxicity Test* e *Fish Embryo Acute Toxicity (FET) Test* (Figura 1).

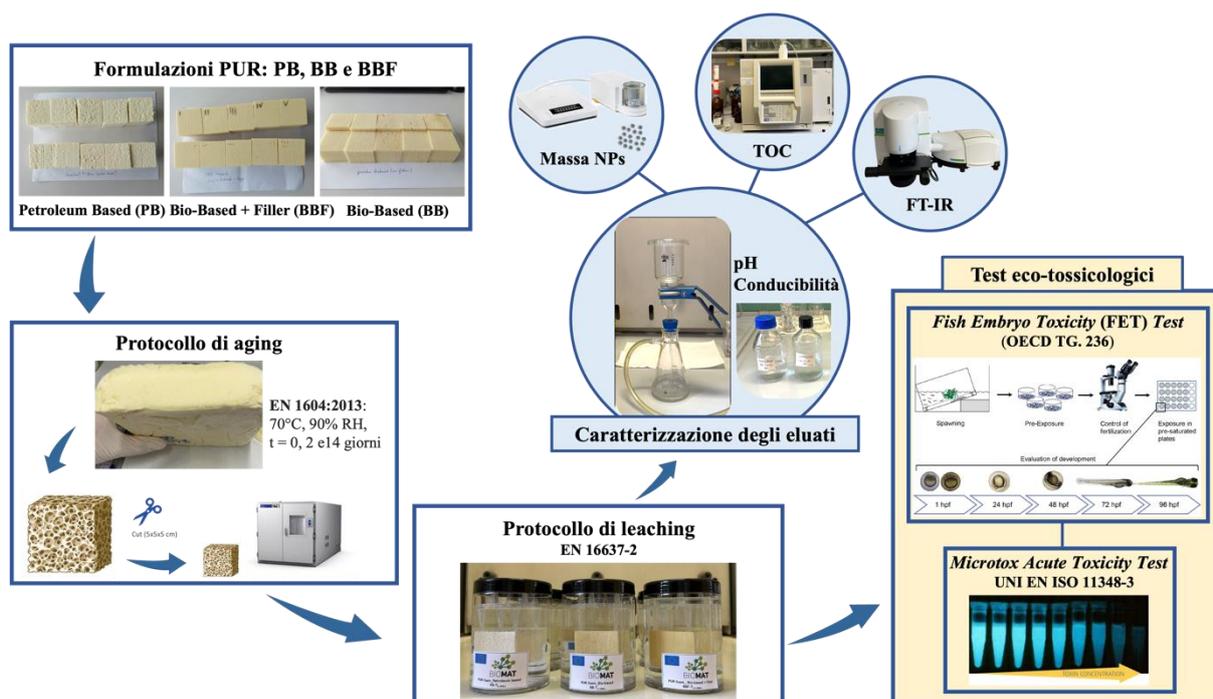


Figura 1 – Disegno sperimentale per la caratterizzazione delle PUR dopo invecchiamento accelerato (*aging*) e lisciviazione (*leaching*). A sinistra è illustrato il processo di preparazione, trattamento in camera climatica secondo la norma EN 1604:2013 (70°C, 90% umidità relativa, diversi tempi di esposizione) e successiva fase di leaching secondo la norma EN

16637-2. In azzurro sono riportate le analisi chimico-fisiche degli eluati (pH, conducibilità, TOC, FTIR, massa di particelle), mentre in giallo a destra sono rappresentati i test eco-tossicologici (Fish Embryo Toxicity Test, OECD TG. 236; Microtox Acute Toxicity Test, UNI EN ISO 11348-3).

Dai dati ottenuti si osserva un maggiore rilascio di particelle nei lisciviati derivati dalla formulazione BBF rispetto alla PB, con un incremento anche della conducibilità. Tuttavia, in seguito all'invecchiamento, si osserva una riduzione del rilascio di microplastiche e di TOC per tutti i campioni. Le analisi μ FTIR non evidenziano differenze tra le diverse particelle rilasciate dalle schiume analizzate. Nessuna delle formulazioni di schiume testate ha indotto tossicità nei due modelli testati, mostrando come la modifica delle schiume con ingredienti *bio-based* nanostrutturati e l'invecchiamento non influiscano sul profilo di sicurezza (Figura 2a). Inoltre, per simulare la condizione di fine vita e rilascio in ambiente, le schiume invecchiate sono state macinate e sottoposte a *leaching* per materiale granulare^[3]. I dati ottenuti dal test FET mostrano che le schiume BB e BBF inducono un alto tasso di mortalità e malformazioni al tempo zero, mentre in seguito all'invecchiamento si osserva una riduzione significativa del tasso di letalità negli embrioni di zebrafish (Figura 2b). I risultati ottenuti suggeriscono di approfondire ulteriormente gli impatti di questi materiali innovativi specialmente nella loro fase di maturazione e fine vita per poter promuovere lo sviluppo di materiali PU *bio-based* più sicuri ed ecocompatibili.

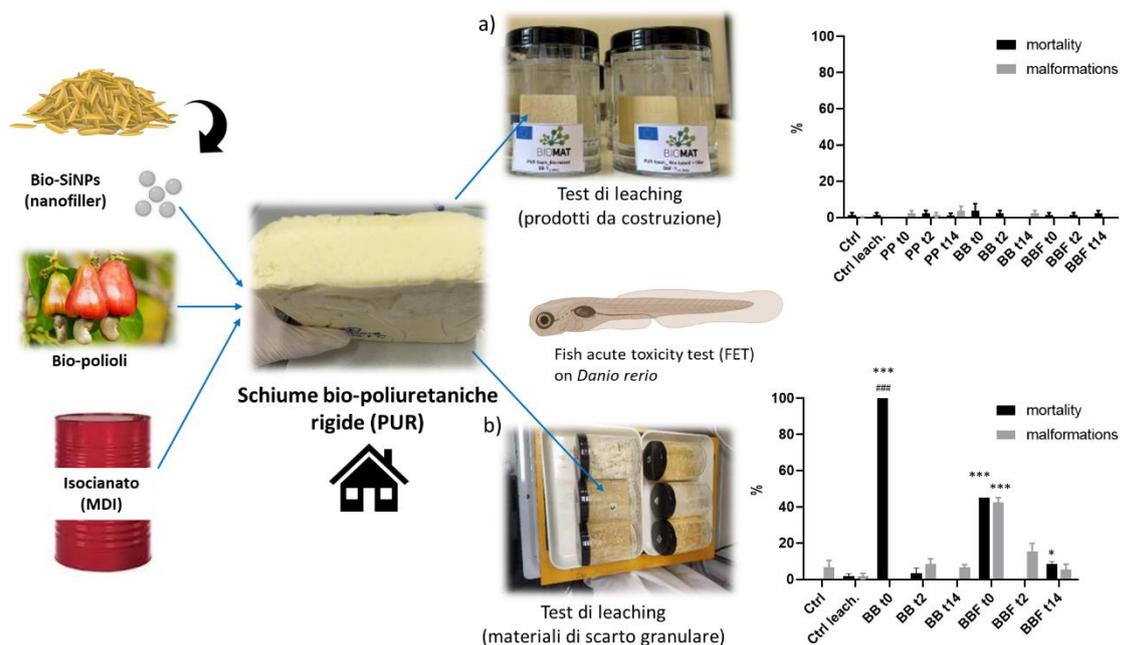


Figura 2 – Schema riassuntivo della composizione delle schiume bio-PUR (a sinistra) e dei risultati (a destra) ottenuti dal test di embriotossicità acuta FET su embrioni di *Danio rerio* esposti a diverse tipologie di lisciviato dopo due diversi protocolli di leaching ed in seguito ad invecchiamento (t0, t2 e t14). a) Percentuale di mortalità e di malformazioni in embrioni di zebrafish, a 96 h post-fecondazione (hpf), in seguito all'esposizione a lisciviati derivati da leaching dinamico per il rilascio di sostanze organiche e/o inorganiche rilasciate da prodotto di forma monolitica, per la valutazione dell'impatto delle schiume durante la loro fase di utilizzo. b) Percentuale di mortalità e di malformazioni in embrioni di zebrafish, a 96 hpf, in seguito all'esposizione a lisciviati derivati da test di leaching per la lisciviazione di rifiuti granulari e di fanghi, per l'analisi dell'impatto delle schiume a fine vita. PP= schiume petroleum based; BB= schiume bio-biobased; BBF= schiume bio-based con nanofiller. * $p < 0.05$ vs control; *** $p < 0.001$ vs control; #### $p < 0.001$ vs BBF t0 (ANOVA+Bonferroni's test).

Riferimenti bibliografici:

- Coccia F, Gryshchuk L, Moimare P, Bossa FL, Santillo C, Barak-Kulbak E, Verdolotti L, Boggioni L, Lama GC. Chemically Functionalized Cellulose Nanocrystals as Reactive Filler in Bio-Based Polyurethane Foams. *Polymers* (Basel) 2021;13(15):2556. doi: 10.3390/polym13152556.
- EN 16637-2:2023 Construction products: Assessment of release of dangerous substances - Part 2: Horizontal dynamic surface leaching test
- EN 12457-4:2004 Characterization of waste - Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges - Part 4: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10 l/kg for materials with particle size below 10 mm (without or with size reduction)

Fundings: This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under GA No 101138414 (INTEGRANO project) and GA No 953270 (BIOMAT project).

Biodegradazione e colonizzazione microbica di diverse bioplastiche all'interfaccia acqua-sedimento marino.

Eliana M.¹, Rosaria C.¹, Elena Maria P.¹, Arianna M.², Erika Z.¹, Caterina B.¹, Annamaria C.¹, Fabio F.¹, Stefano G.², Elena B.¹, Giulio Z.¹

¹Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali – DICAM, Università di Bologna, Bologna, Italia.

²Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali - BIGEA, Università di Bologna, Bologna, Italia.

Keyword: biopolimeri, biodegradazione, colonizzazione microbica, ecosistema marino.

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: La maggior parte dei polimeri biodegradabili si biodegrada in condizioni controllate, mentre la loro mineralizzazione in ambienti aperti e non controllati, inclusi quelli marini, non è ben compresa ed è spesso oggetto di controversie. In questo studio è stata valutata la biodegradazione di diversi biopolimeri e la loro progressiva colonizzazione microbica all'interfaccia sedimento/acqua in condizioni reali. Considerata l'importanza di prevedere i processi ecologici negli oceani dei prossimi decenni, l'esperimento è stato allestito in prossimità della sorgente sottomarina di CO₂ al largo dell'Isola di Panarea, per esplorare l'effetto di diversi scenari di acidificazione degli oceani simulati tramite il gradiente naturale di pH.

Film polimerici (PBS, PLA, PBAT e PHBH) e ritagli di oggetti in PLA sono stati inseriti in gabbie in acciaio inossidabile progettate per contenere triplicati di ciascun film e mantenere separati i campioni anche in caso di frammentazione. Durante l'estate 2023, le gabbie sono state fissate all'interfaccia sedimento-acqua in tre siti lungo un gradiente di pH in prossimità della sorgente sottomarina di CO₂ al largo di Panarea (pH 8, 7.8 e 7.6). Dopo 6 e 12 mesi di incubazione *in situ*, è stata raccolta una gabbia per ciascun sito, insieme a campioni di sedimento vicini al punto di posizionamento e a qualche metro di distanza, e a un campione d'acqua vicino alla gabbia. Campioni di film integri (senza frammentazione macro o micro) sono stati recuperati per tutti i polimeri dopo 6 e 12 mesi. Per tutti e tre i siti, nel tempo, sono state osservate perdite di peso significative (nell'ordine di 0.1-0.4 mg/cm² dopo 12 mesi), secondo il seguente ordine decrescente: PHBH > PBAT > PBSA > PBS. La biodegradazione del PHBH è avvenuta con velocità simile durante la stagione calda (primi 6 mesi) e quella fredda (6-12 mesi), mentre per PBS, PBSA e PBAT è stata rilevata una diminuzione del tasso di biodegradazione nella stagione fredda. Le superfici superiori (verso la colonna d'acqua) e inferiori (verso il sedimento) dei film polimerici sono stati colonizzati da comunità microbiche differenti, che condividono caratteristiche tassonomiche con i microbiomi dell'acqua e del sedimento, rispettivamente. Le comunità microbiche colonizzanti le due facce dei film variavano in risposta al tempo di incubazione (6 vs 12 mesi) e al pH.

Lo studio ha contribuito a comprendere meglio l'entità e la velocità della degradazione dei polimeri biodegradabili in un ambiente reale di fondale marino, dove la biodegradazione è influenzata sia da comunità microbiche bentoniche che pelagiche, offrendo anche uno spunto sui possibili scenari futuri di acidificazione degli oceani. La velocità di degradazione risulta sensibilmente inferiore rispetto a quella ottenuta in condizioni industriali controllate per gli stessi polimeri^{1,2}. L'esperimento ha inoltre permesso di esplorare i meccanismi e le dinamiche ecologiche dell'assemblaggio microbico su plastiche nel fondale marino.

Ringraziamenti:

Progetto realizzato nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 Componente 2 Investimento 1.4 - Avviso n. 3138 del 16/12/2021, rettificato dal Decreto n.3175 del 18/12/2021 del Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR), finanziato da Next-GenerationEU. Codice progetto CN_00000033, Decreto di Concessione n. 1034 del 17/06/2022 adottato dal MUR, CUP J33C22001190001, Progetto "National Biodiversity Future Center - NBFC".

Riferimenti bibliografici:

1. Ahsan W.A., Hussain A., Lin C., Nguyen M.K. Biodegradation of different types of bioplastics through composting-a recent trend in green recycling. *Catalysts* 2023; 13; 294
2. Falzarano M., Poletti A., Pomi R., Rossi A., Zonfa T. Anaerobic biodegradability of commercial bioplastics products: a systematic bibliographic analysis and critical assessment of the latest advances. *Materials* 2022; 16:2216.

Impact of organic and inorganic additives released by bioplastics on bacterial growth

Parolin Carola¹, Pellegrino Cristina¹, Serena Scala², Fedi Stefano¹, Vitali Beatrice¹, Elena Fabbri², Samorì Chiara³

¹Department of Pharmacy and Biotechnology (FaBiT), University of Bologna, Via San Donato 19/2, 40127 Bologna, Italy

²Department of Biological, Geological and Environmental Sciences (BiGeA), University of Bologna, Via Sant'Alberto 163, 48123 Ravenna, Italy

³Department of Chemistry "Giacomo Ciamician", University of Bologna, Via S. Alberto 163, 48123 Ravenna, Italy

Bioplastics are bio-based and/or biodegradable materials to which additives are added to improve properties and performance. Inorganic and organic additives can migrate from bioplastics analogously to what happens for traditional plastics, but their impact on aquatic and terrestrial ecosystems has been neglected so far. The impact of organic and inorganic additives released by bioplastics on the growth of model (*Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*) and common environmental bacteria was evaluated.

Starting from objects made of Mater-Bi® and polylactic acid (PLA), leachates were prepared in deionized water and organic extracts were prepared in methanol. Model and environmental bacterial strains were cultured in the presence of different concentrations of leachates or organic extracts and growth was evaluated.

Organic and inorganic additives that can be released from bioplastics display different effects depending on the type of biopolymer and the test bacteria. Overall, leachates of Mater-Bi® bioplastics stimulate microbial growth and can even act as a carbon source in a minimal medium; organic extracts tend to inhibit bacterial growth, especially of gram-positive bacteria. The impact of additives was also correlated with COD measurements and the chemical composition of leachates and organic extracts.

We demonstrated that the leaching of organic and inorganic additives is negligible and does not negatively impact the tested species' growth, while the organic additives present in starch-based and PLA bioplastics can be potentially hazardous. Although bioplastics are claimed to be more sustainable than traditional plastics, a deeper evaluation from an ecotoxicological perspective is needed.

Investigations on the role of microalgae-associated bacterial communities in polyhydroxybutyrate (PHB) producing *Desmodesmus communis* biomasses.

Martina Franchini¹, Mara Simonazzi¹, Federica Costantini^{1,2}, Valentina Papa³, Rossella Pistocchi^{1,2}, Chiara Samorì^{2,4}, Laura Pezzolesi^{1,2}

¹ Department of Biological, Geological and Environmental Sciences (BiGeA), University of Bologna, via Sant' Alberto 163, 48123 Ravenna, Italy

² Interdepartmental Centre for Industrial Research in Renewable Resources, Environment, Sea and Energy (CIRI-FRAME), University of Bologna, Via Sant' Alberto 163, 48123 Ravenna, Italy

³ Cellular Signalling Laboratory, Anatomy Center, Department of Biomedical and Neuromotor Sciences (DIBINEM), University of Bologna, Bologna, Italy.

⁴ Department of Chemistry "Giacomo Ciamician", University of Bologna, via S. Alberto 163, Ravenna, Italy

Keywords: *Desmodesmus communis*; polyhydroxyalkanoates; microalgal biomasses; biopolymers; bacterial community.

Tipo di submission: Presentazione Orale (?)

Abstract:

Polyhydroxyalkanoates (PHAs) are bio-based polymers that function as energy and carbon reserves in microorganisms. Their biodegradability, thermoplastic, and elastomeric properties make them a good replacement for fossil-derived polymers. Polyhydroxybutyrate (PHB), the shortest-chain variant, is the most frequently produced PHA by heterotrophic bacteria. Although PHB production has been widely studied in these microorganisms, its biosynthesis in microalgae remains less explored and characterized.

In this study, *Desmodesmus communis* cultures grown under mixotrophic conditions (low light, phosphorus depletion, and 1 g L⁻¹ sodium acetate (NaOAc) addition) were exploited to produce PHB in semi-continuous cultivation over 25 days, reporting progressively increasing PHB concentrations and reaching a maximum of 57% w/w at day 25 (Fig. 1).

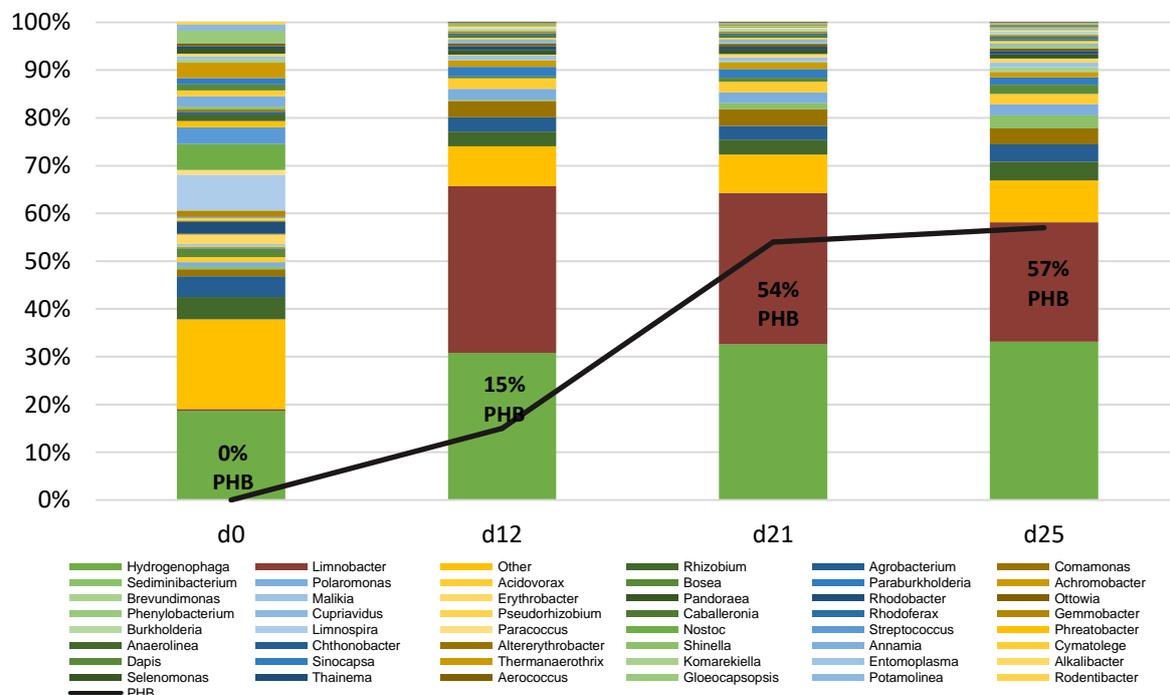


Fig. 1. Most abundant genera (rarefied relative abundances, 0.5% cut off) present in *D. communis* semicontinuous cultivation under PHB-inducing conditions at day 0 (d0), day 12 (d12), day 21 (d21) and day 25 (d25) obtained through metabarcoding Nanopore MinION sequencing. Corresponding PHB concentrations in harvested biomasses are reported at each time point (% w/w of PHB on dry biomass).

As *D. communis* cultures were not axenic (Fig. 2), the role of the bacterial community in PHB accumulation was investigated.

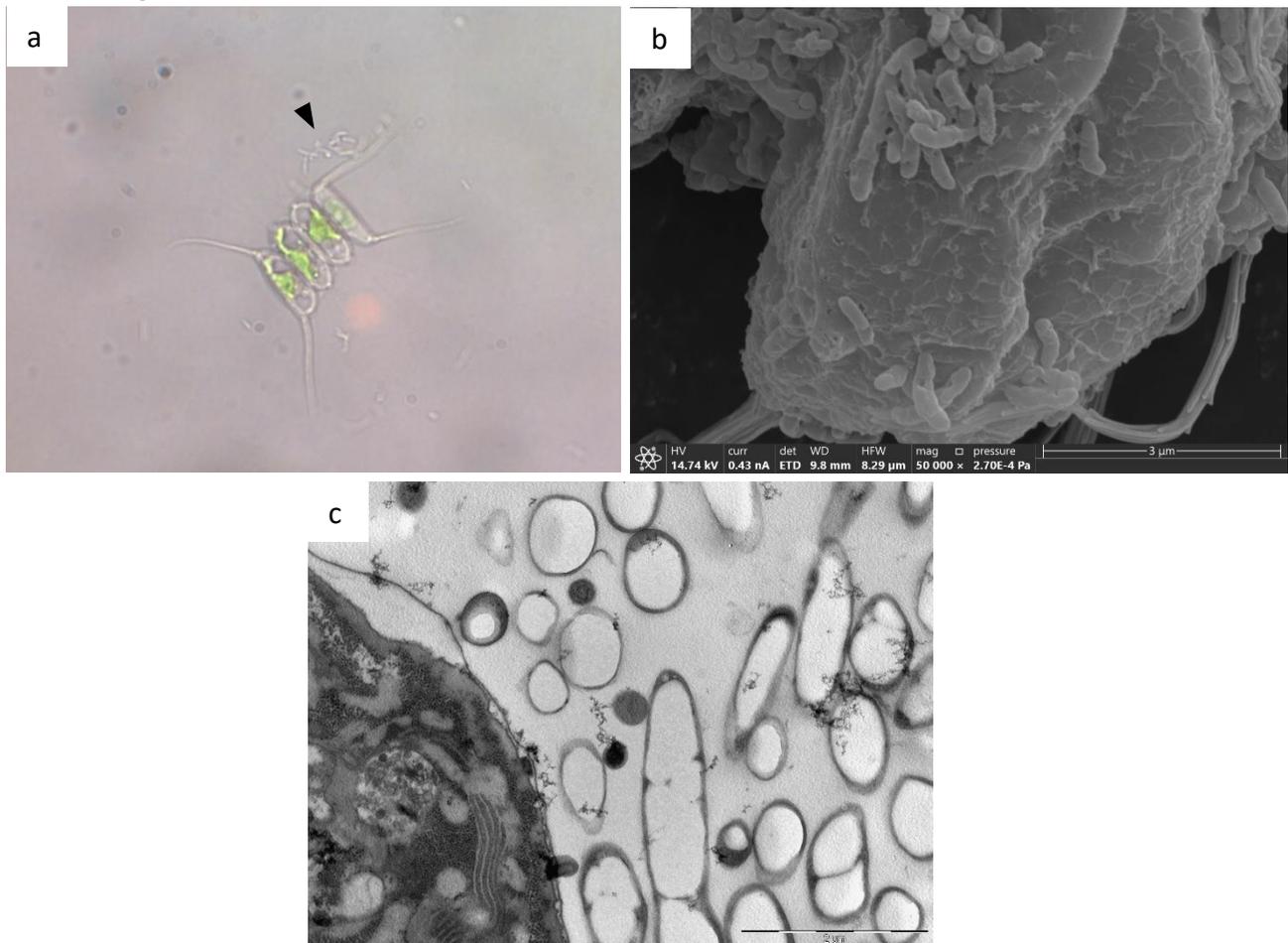


Fig. 2. *D. communis* and bacteria present in the cultures tested for PHB accumulation through a) optical microscopy, b) environmental Scanning Electron Microscopy (eSEM) and c) Transmission Electron Microscopy (TEM) analyses.

A metabarcoding analysis using the 16S rRNA marker was conducted at different time points (days 0, 12, 21, and 25) (Fig. 1) to assess bacterial composition dynamics. Initially (d0), the bacterial community displayed a diverse and rather evenly distributed composition. Over time, specific genera became dominant: the relative abundance of *Hydrogenophaga* spp. increased from 18% to around 30%, maintaining its prevalence, while *Limnobacter* spp. abundance rose significantly from 0.36% at d0 to approximately 30% from d12 onward. Notably, strains of *Hydrogenophaga* (*H. palleronii*) and *Limnobacter* (*L. humi*) are known PHB accumulators [Reddy et al., 2016; Nguyen & Tim, 2017]. Other genera, such as *Sediminibacterium* spp. and *Bosea* spp., increased in relative abundance even if to a lower extent: these genera have been suggested to be involved in microalgal nutrient metabolism, information exchange, and resistance to environmental contaminants. This indicates an adaptation of the bacterial-microalgal consortium to the mixotrophic environment.

To further characterize the PHB-enriched biomass, Transmission Electron Microscopy (TEM) analysis was performed on pelleted cultures (Fig. 2c). The results suggest a significant bacterial contribution to PHB production. TEM analysis also provided evidence of possible intracellular colonization by PHB-accumulating bacteria inside *D. communis* cells.

Overall, these findings highlight a strong bacterial role in PHB production from microalgal cultures. A close trophic interaction between algal and bacterial cells appears to influence PHB biosynthesis in *D. communis* cultivation, emphasizing the need to consider microbial consortia in optimizing PHB production in microalgal cultivations.

Riferimenti bibliografici:

- Tuan Nguyen & Jaisoo Kim. (2017). *Limnobacter humi* sp. nov., a thiosulfate-oxidizing, heterotrophic bacterium isolated from humus soil, and emended description of the genus *Limnobacter* Spring et al. 2001, Journal of Microbiology, **55**, 508-513.
- Laura Pezzolesi, Chiara Samori, Giorgia Zoffoli, Giulia Xamin, Mara Simonazzi, Rossella Pistocchi. Semi-continuous production of polyhydroxybutyrate (PHB) in the Chlorophyta *Desmodesmus communis*. Algal Research (2023), **74**, 103196.
- M. Venkateswar Reddy, Yasuteru Mawatari, Yuka Yajima, Kohki Satoh, S. Venkata Mohan, Young-Cheol Chang, (2016) Production of poly-3-hydroxybutyrate (P3HB) and poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) P(3HB-co-3HV) from synthetic wastewater using *Hydrogenophaga palleronii*, Bioresource Technology, **215**, 155-162.

Preparation, foaming with supercritical CO₂ and biodegradation evaluation of blends of PLA and amorphous Poly(3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate)

M. Calosi^{1,2}, A. D'lorio¹, E. Buratti¹, M. Dippold², H. Ruckdäschel², M. Bertoldo¹.

¹Department of Chemical, Pharmaceutical and Agricultural Sciences, University of Ferrara, Ferrara, Italy;

²Department of Polymer Engineering, University of Bayreuth, Bayreuth, Germany.

Keyword: Poly (lactic acid), Polyhydroxyalkanoates, Biodegradation, Batch foaming, Supercritical CO₂

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

Poly (lactic acid) (PLA) is the most widely used biodegradable polymer due to its versatility and relatively low cost and PLA-based foamed materials are being increasingly exploited commercially as a more sustainable alternative to conventional polymers such as expanded polystyrene in the packaging sector.[1] One of PLA's most serious drawbacks is its lack of biodegradability outside of industrial composting conditions, such as when dispersed in the environment or in home composting.[2] The blending of PLA with polyhydroxyalkanoates (PHAs) is emerging as a promising strategy for enhancing its biodegradation, as well as improving on its mechanical and barrier properties.[3]

In this work we aim to study the blending of two different PLAs, one semicrystalline and one amorphous, with a moderate amount (10-30 %) of an amorphous PHA, poly(3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate) (aPHA), observing the thermal, rheological and morphological characteristics of these blends. We also aim to study their foaming characteristics, in order to evaluate their possible use as sustainable expanded low-density packaging materials. Finally, their biodegradation in test environments where PLA degrades slowly or not at all, namely the marine environment and low-temperature composting, is to be measured.

The blends were obtained by mixing at 160-185°C and had a biphasic nature with a dispersed aPHA phase 200-400 nm in size. Batch foaming was carried out via pressure drop method using supercritical CO₂ as the foaming agent. All amorphous blends could be easily foamed achieving densities and morphology dependent on foaming pressure and temperature. Low densities (< 50 g/L) and a closed-cell morphology could be obtained at all studied compositions.

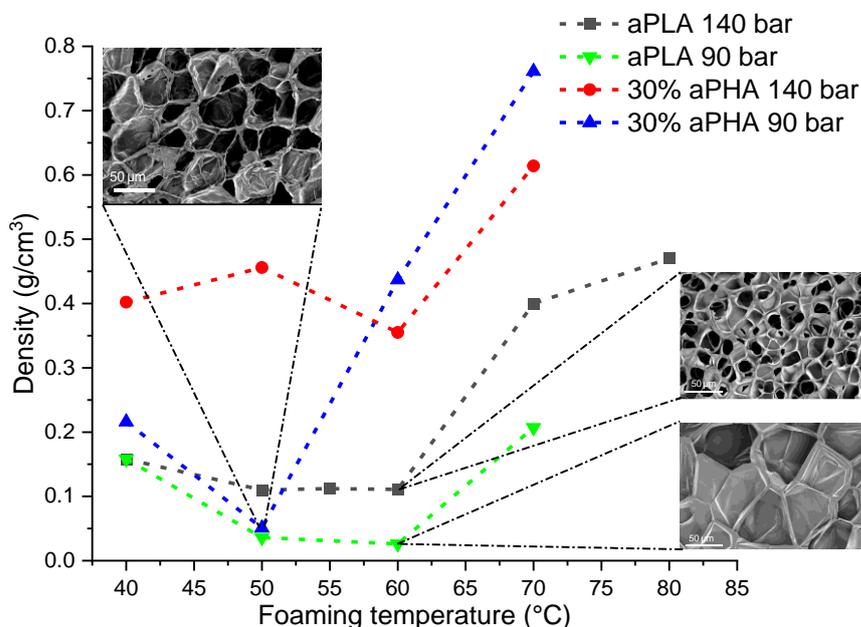


Figure 1 Density and morphology of amorphous PLA foam and an amorphous blend foam containing 30% aPHA at different foaming temperatures and pressures.

The foaming of semicrystalline blends was highly dependent on their crystallization properties, which were modulated by blend composition and thermal pre-treatment. The presence of aPHA in the blend generally enhanced PLA crystallization kinetics and narrowed the foaming window of blends compared to PLA. An

annealing pre-treatment of the blends and the use of higher foaming temperatures compared to neat PLA proved effective in obtaining low-density blend foams.

Biodegradability in simulated home composting conditions (30 °C) was measured in order to estimate the improvement in environmental sustainability of the blend foams over pure PLA foam, which degrades very slowly at these parameters. When aPHA content was 20% or more, the blend foams were observed to biodegrade at an appreciable rate, while with lower aPHA content the behavior was similar to that of neat PLA.

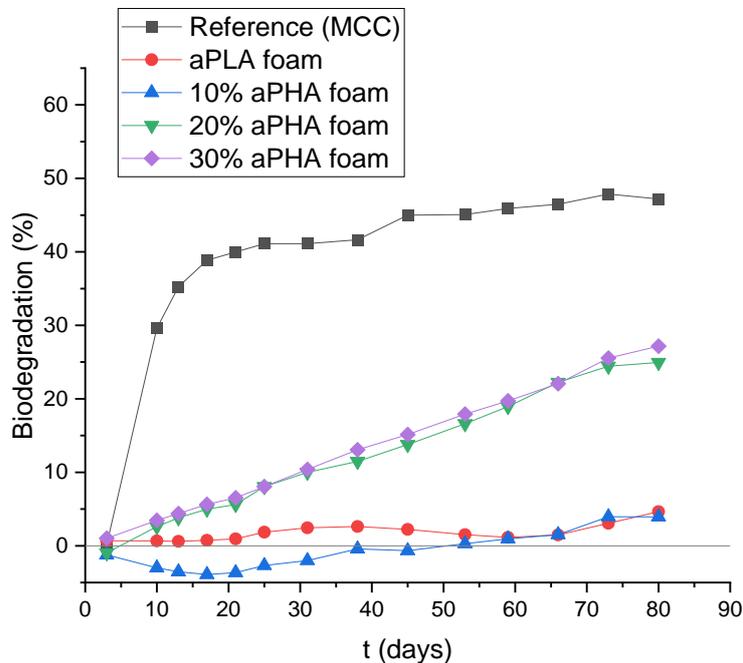


Figure 2 Degree of biodegradation over time of amorphous foams with varying aPHA content in home composting conditions at 30°C, measured by a respirometric method and compared to neat PLA and a cellulose reference

Riferimenti bibliografici:

1. M. Nofar, C.B. Park, Poly (lactic acid) foaming, *Prog. Polym. Sci.* 39 (2014) 1721–1741.
2. N.M. Ainali, D. Kalaronis, E. Evgenidou, G.Z. Kyzas, D.C. Bobori, M. Kaloyianni, X. Yang, D.N. Bikiaris, D.A. Lambropoulou, Do poly(lactic acid) microplastics instigate a threat? A perception for their dynamic towards environmental pollution and toxicity, *Sci. Total Environ.* 832 (2022) 155014.
3. G. Han, J. Yoon, C. Lee, E. Lee, K. Yoon, H.W. Kwak, H.-J. Jin, Biodegradation behavior of amorphous polyhydroxyalkanoate-incorporated poly(l-lactic acid) under modulated home-composting conditions, *Polym. Test.* 126 (2023) 108155.

Da rifiuto a risorsa: valorizzazione di fanghi secondari per la produzione di poliidrossialcanoati

Vittoria Stefanelli¹, Alisar Kiwan², Daniele Pirini², Davide Collini², Chiara Samori¹

¹Dipartimento di Chimica “Giacomo Ciamician”, University of Bologna, via Selmi 2, Bologna, Italy

²B-Plas S.b.r.l, via Lanfranco Gessi, 16, Lugo, Ravenna, Italy

Keyword: Poliidrossialcanoati (PHA), Acidi grassi volatili (VFA), Digestione acidogenica (AD), Carbonizzazione idrotermale (HTC), valorizzazione di rifiuti

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Grazie alla loro biodegradabilità e alle proprietà simili a quelle delle plastiche fossili, i poliidrossialcanoati (PHA) rappresentano un'alternativa sostenibile alle plastiche convenzionali. Si tratta di poliesteri accumulati da batteri come riserva di carbonio ed energia in condizioni di stress nutrizionale. Tuttavia, la loro produzione su larga scala è ancora limitata da alti costi di materie prime e tecnologie. Una possibile soluzione è l'utilizzo di scarti e colture microbiche miste, che permette di ridurre significativamente i costi. In questo contesto si inserisce il processo B-Plas, sviluppato dall'omonima start-up, che propone un approccio integrato per produrre PHA a partire da fanghi reflui, combinando pretrattamenti termochimici e fasi biologiche in ottica di economia circolare.

Il processo inizia con l'ispessimento del fango e la successiva carbonizzazione idrotermale (HTC), che solubilizza la frazione organica, utilizzata poi nella digestione acidogenica (AD) per produrre acidi grassi volatili (VFA), precursori diretti dei PHA. Dopo separazione solido-liquido, la fase liquida ricca in VFA alimenta un processo aerobico per selezionare batteri in grado di accumulare PHA.

Lo studio si concentra sul sistema di selezione microbica: un innovativo processo continuo con quattro reattori basato sulla strategia **feast & famine** e limitazione dell'ossigeno. Il reattore di feast è alimentato il filtrato proveniente dalla digestione acidogenica, ricco in carbonio e nutrienti, spingendo i batteri all'accumulo di PHA, mentre i tre successivi in condizioni di fame selezionano ceppi in grado di mobilitare le riserve. Un sedimentatore separa la biomassa dall'effluente, riciclando la frazione solida nel primo reattore per mantenere la popolazione selezionata.

La biomassa viene quindi trasferita in un reattore di accumulo alimentato esclusivamente con VFA per massimizzare la produzione di PHA. Il processo si conclude con una centrifugazione continua per il recupero della biomassa arricchita, mentre la fase liquida viene riciclata per migliorare l'efficienza complessiva (Figura 1)

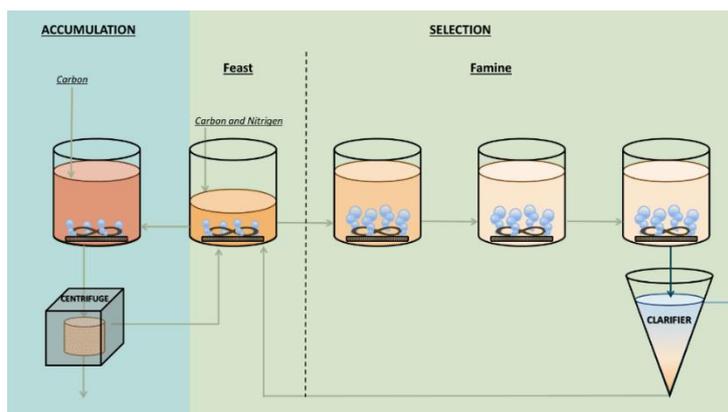


Figura 1. Rappresentazione schematica del processo continuo per la selezione di batteri in grado di accumulare PHA. Il sistema opera secondo un regime di feast and famine per favorire l'arricchimento di ceppi microbici specializzati, seguito da una fase di accumulo finalizzata a massimizzare lo stoccaggio di PHA.

Per la selezione sono stati applicati un carico organico (OLR) di 10 gCOD/L-d, un tempo di ritenzione idraulico (HRT) di 4,7 giorni e cicli di 8 ore, con un rapporto feast/famine del 20%. Nella fase di accumulo l'OLR è stato impostato a 11 gCOD/L-d, con cicli di alimentazione di 12 ore per garantire continuità produttiva.

Test preliminari con una miscela sintetica di VFA, formulata per simulare la composizione del substrato reale post-digestione derivante dal trattamento di un fango refluo industriale e un rapporto C:N ottimale di 100:5, hanno mostrato una resa in PHA pari al 35±5% sul peso secco (Figura 2).

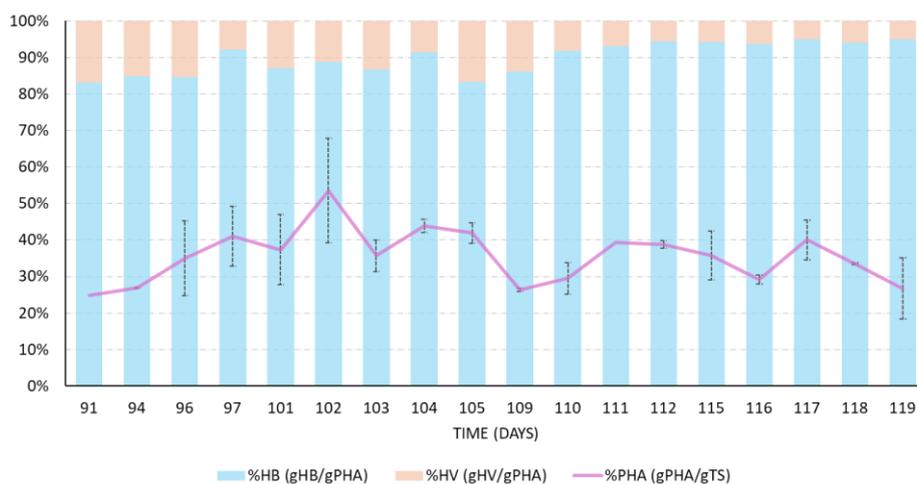


Figura 2. Resa in PHA e composizione del polimero estratto dalla biomassa centrifugata. La resa è espressa in termini di gPHA/gTS e la composizione del polimero è espressa in percentuale di 3-idrossibutirrato (HB) e 3-idrossivalerato (HV).

Successivamente, è stato testato un substrato sintetico con rapporto C:N pari a 100:20, corrispondente a quello del filtrato reale. I risultati preliminari confermano il mantenimento della selezione microbica e rese comparabili, indicando la robustezza del sistema e la sua adattabilità a substrati reali.

Riferimenti bibliografici:

1. Kourmentza, C., et al. (2017). *Recent advances and challenges towards sustainable polyhydroxyalkanoate (PHA) production. Bioengineering*, 4(2), 55. <https://doi.org/10.3390/bioengineering4020055>
2. Mozejko-Ciesielska, J., & Kiewisz, R. (2016). *Bacterial polyhydroxyalkanoates: Still fabulous?. Microbiological Research*, 192, 271–282 (<https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.07.010>)

Orale

Bioplastics from Fermentation Waste: Sustainable Innovation through Bacterial Cellulose

Daus, F.*^a, Zonta E.^b, Montroni D.^a, Pesavento L.^c, Fredi G.^b, Bruschi M.^c, Liguori A.^a,
Focarete M. L.^{a,d}

^a Department of Chemistry "G. Ciamician", University of Bologna, Italy

^b Department of Industrial Engineering and INSTM Research Unit, University of Trento, Italy

^c Bioniks s.r.l., Verona, Italy

^d Health Sciences & Technologies (HST) CIRI, University of Bologna, Italy

*federica.daus2@unibo.it

The environmental crisis driven by conventional plastics underscores the urgent need for sustainable and biodegradable alternatives. In this context, bacterial cellulose (BC) derived from SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast), a byproduct of kombucha fermentation, presents a promising solution aligned with circular economy principles. This project focuses on upgrading this low-value waste by extracting, purifying, and functionalizing BC through an optimized, eco-friendly process that minimizes solvent consumption and processing time [1][2].

To expand its applicability, BC was plasticized with glycerol, improving its flexibility and mechanical properties while preserving its intrinsic biodegradability and biocompatibility. The resulting material combines sustainability, functionality, and adaptability, offering a viable alternative for applications in eco-friendly packaging, coatings, and biomedical fields. By transforming a fermentation byproduct into a high-performance biomaterial, this research highlights the potential of circular economy strategies in reducing plastic waste and fostering the development of next-generation sustainable materials.

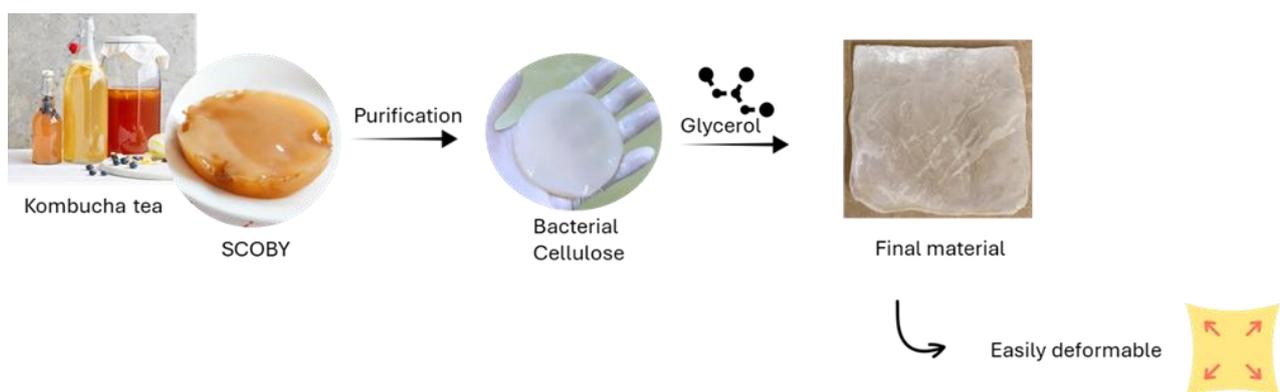


Figure 1. Schematic representation of the preparation process and key feature of the final biomaterial.

[1] Bergotti V. M. & Bernhardt D., *Materials Today Communications* **2023**, 35, 105975.

[2] Amarasekara A. S., Wang D., Grady T. L., *SN Applied Science* **2020**, 2, 240.

Ottimizzazione dell'upcycling di glicole etilenico in acido glicolico grazie alla biodiversità di lieviti e alle condizioni di processo

Branduardi P^{1,2}, Senatore V., Milanesi R., Masotti F., Serra I^{1,2}.

¹Department of Biotechnology and Biosciences, University of Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 2, 20126 Milan, Italy; ²National Biodiversity Future Center (NBFC), 90133 Palermo, Italy.

Keyword: *Saccharomyces cerevisiae*; *Scheffersomyces stipitis*; biodiversità; glicole etilenico; acido glicolico.

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: La plastica è indispensabile per numerose esigenze della moderna società, e come conseguenza la produzione aumenta ogni anno; tuttavia, la gestione dei rifiuti plastici è ancora estremamente problematica poiché solo il 10% della nuova plastica viene riciclata anche una sola volta, mentre la restante quota ha come destinazione finale la discarica o gli inceneritori^[1]. Tra tutte le plastiche, il polietilene tereftalato (PET) è il poliestere più prodotto al mondo, e recentemente è stata dimostrata la possibilità di idrolizzarlo enzimaticamente, anche a scala industriale, per eventualmente rigenerare il medesimo polimero^[2]. Tuttavia, sarebbe possibile immaginare un upcycling che permetta di ottenere molecole a più alto valore aggiunto, cosa che potrebbe compensare il costo del processo. Il glicole etilenico (EG) è uno dei due monomeri rilasciati dall'idrolisi. Mentre la maggior parte delle ricerche si concentra sul metabolismo batterico dell'EG, abbiamo testato la capacità di *Saccharomyces cerevisiae* e di altre nove specie comuni di lievito non solo di consumare l'EG, ma anche di produrre acido glicolico (GA) come sottoprodotto principale. Una bioconversione in due fasi di EG a GA da parte di *S. cerevisiae* è stata ottimizzata mediante un approccio di *design of experiment*, ottenendo $4,51 \pm 0,12$ g l⁻¹ di GA con una conversione del $94,25 \pm 1,74\%$ da $6,21 \pm 0,04$ g l⁻¹ di EG. Allo scopo di aumentare le performance e facilità di processo, lo screening della biodiversità ha identificato *Scheffersomyces stipitis* come il miglior produttore di GA ($23,79 \pm 1,19$ g l⁻¹, resa del 76,68%) nella fermentazione in bioreattore, con un bioprocesso a fase singola^[3]. È interessante notare che il prodotto, GA, può trovare applicazioni nell'industria cosmetica, permettendo quindi di connettere due filiere produttive in una logica di circolarità delle risorse ed abbattimento di rifiuti ad alto impatto.

Riferimenti bibliografici:

1. CARBIOS Corporate Presentation. Clermont-Ferrand, 2024. https://www.carbios.com/wp-content/uploads/2022/01/carbios_presentation-january-2022.pdf (25 April 2024, date last accessed)
2. Tiso T, Winter B, Wei R et al. The metabolic potential of plastics as biotechnological carbon sources- review and targets for the future. *Metab Eng* 2022; 71:77–98. <https://doi.org/10.1016>
3. Senatore VG, Milanesi R, Masotti F, Maestroni L, Pagliari S, Cannavacciuolo C, Campone L, Serra I, Branduardi P. Exploring yeast biodiversity and process conditions for optimizing ethylene glycol conversion into glycolic acid. *FEMS Yeast Res.* 2024 Jan 9;24:foae024. doi: 10.1093/femsyr/foae024.

PROGETTO BLOXY - MATERIALE SOSTENIBILE PER IL PACKAGING ALIMENTARE CON FUNZIONE BARRIERA ALL'OSSIGENO

Anna Gabellini¹, Marco Malferrari², Francesco Zerbetto², Stefania Rapino², Andreas Lesch¹

¹ Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari", Università di Bologna, Italia

² Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician" Università di Bologna, Italia.

Email: anna.gabellini3@unibo.it

Keyword: Sustainable packaging, Packaging Film, Packaging Sachet, Active Barrier, Oxygen Scavenger

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

I materiali plastici utilizzati comunemente nell'industria dell'imballaggio alimentare devono spesso possedere proprietà barriera all'ossigeno con lo scopo di aumentare il tempo di vita (*shelf life*) di prodotti freschi come frutta, ortaggi, carne e formaggi. L'ossigeno è il principale gas responsabile della degradazione ossidativa e del conseguente deterioramento di numerosi alimenti freschi.

I tradizionali materiali di imballaggio in plastica con elevata barriera all'ossigeno, come il PVC (polivinilcloruro), sono impattanti per l'ambiente e si sta cercando di sostituirli. Ulteriori materiali di imballaggio plastici alternativi, che possono essere riciclati, presentano proprietà barriera all'ossigeno inadeguate e devono essere combinati con componenti di barriera passiva, come l'EVOH (alcol etilene vinilico). Anche i materiali di imballaggio biodegradabili, come il PLA, presentano caratteristiche di barriera all'ossigeno insufficienti. In aggiunta, le soluzioni da fonti biologiche attualmente disponibili per conferire una barriera all'ossigeno biodegradabile non si sono ancora dimostrate sufficientemente efficaci o affidabili, limitandone così l'applicazione su scala industriale nel mercato del packaging alimentare.

Il team BLOXY dell'Università di Bologna ha sviluppato e brevettato un materiale attivo biodegradabile in grado di fornire una barriera all'ossigeno, compatibile con varie tipologie di substrati plastici, dai tradizionali polietilene e polipropilene alle bioplastiche come PLA (acido polilattico) e Mater-bi.

Il packaging con barriera attiva è una tipologia di imballaggio che è in grado di rimuovere l'ossigeno mediante una reazione controllata. Il materiale BLOXY si differenzia dai comuni assorbitori di ossigeno a base di metalli perché composto da materia biologica e quindi sostenibile. Il materiale è applicabile come coating inserendolo in un film multistrato o come sfere inserendolo in sacchetti per la rimozione dell'ossigeno.

Durante un recente progetto PoC (*Proof of concept*), finanziato da Eureka!TT, il team BLOXY ha dimostrato la fabbricazione su scala di laboratorio di prototipi utilizzando tecnologie di coating di rilevanza industriale. Tra i vantaggi principali dell'applicazione del materiale BLOXY vi sono ottimo OTR (*oxygen transmission rate*), l'elevata trasparenza del film, biodegradabilità, e flessibilità della scelta del substrato.

In questa comunicazione intendiamo presentare i nostri progressi tecnologici e imprenditoriali, che partendo dai gruppi di ricerca universitari stanno evolvendo verso un'applicazione industriale nel mercato del packaging.

Valutazione del contenuto di polietilene in miscele di bioplastiche mediante idrolisi assistita dalle microonde e pirolisi analitica

Filomena M.¹, Mazzoncini S.¹, Mattonai M.^{1,2}, Ribechini E.^{1,2}

¹Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa, Italia; ²CISUP – Centro per l'Integrazione della Strumentazione UniPI, Università di Pisa, Italia

Keyword: Bioplastiche, polietilene, pirolisi analitica, spettrometria di massa, disegno sperimentale

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Negli ultimi anni, è divenuto sempre più importante il ruolo dei materiali in plastica biodegradabile e compostabile, il cui sviluppo ha permesso di sostituire gradualmente l'utilizzo dei prodotti in plastica non biodegradabile¹. Per migliorarne le proprietà e per abbassarne i costi di produzione, le bioplastiche sono costituite da miscele di più polimeri tra i quali è possibile trovare anche polimeri non biodegradabili, soprattutto il polietilene. Le normative europee come EN 13432:2002 stabiliscono che, per poter assicurare la proprietà di compostabilità, il contenuto di materiale non biodegradabile all'interno di miscele di bioplastiche debba essere inferiore al valore dell'1 % in peso della miscela stessa, ma non vi sono indicazioni riguardo le modalità con cui effettuare la misura del contenuto di tale frazione. La sua valutazione è, invece, di fondamentale importanza sia in fase di controllo durante la produzione che in fase di screening all'interno di impianti di compostaggio.

Le tecniche analitiche avanzate, come la pirolisi analitica accoppiata a gas cromatografia e spettrometria di massa (Py-GC/MS), si sono dimostrate efficaci per lo studio di polimeri e copolimeri^{2,3}. Tuttavia, quando si tratta di quantificare piccole frazioni di componenti all'interno di miscele complesse, come quelle presenti nelle bioplastiche, l'approccio analitico può diventare complesso, richiedendo tempi di analisi prolungati e risultando quindi poco adatto ad indagini di screening di tipo routinario. Per tale motivo, risulta fondamentale avere a disposizione anche metodologie semplici, ma al tempo stesso affidabili, che permettano di verificare in modo accurato la conformità del prodotto alla normativa vigente. In questa prospettiva, questo lavoro presenterà i risultati più importanti dello sviluppo di una procedura di trattamento dei campioni di bioplastica basata sull'uso di un riscaldamento assistito dalle microonde, al fine di semplificare la matrice del campione degradando selettivamente la parte organica biodegradabile e separandola così da quella non biodegradabile. In particolare, come campioni su cui sviluppare e testare il metodo, sono state selezionate formulazioni di bioplastiche contenenti acido polilattico, polibutilene adipato-co-tereftalato, amido termoplastico, carbonato di calcio e polietilene in quantità nota. L'utilizzo di un disegno sperimentale consentirà di raggiungere la condizione ottimale per la degradazione della parte biodegradabile, così da ottenere una procedura efficace per la valutazione del contenuto di frazioni non biodegradabili all'interno di miscele complesse di bioplastiche. Tale contenuto potrà ora essere determinato tramite Py-GC/MS in modo più semplice.

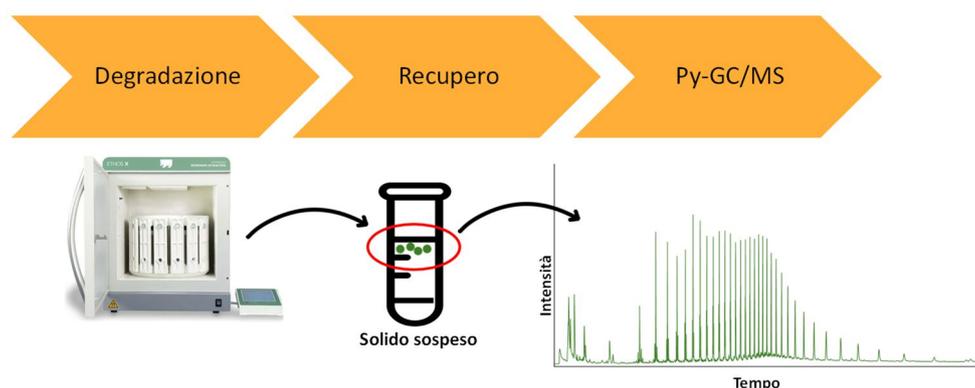


Figura 1: Schema analisi del polietilene in miscele di bioplastiche e relativo pirogramma

Riferimenti bibliografici:

1. Nanda, S., Patra, B. R., Patel, R., Bakos, J. & Dalai, A. K. Innovations in applications and prospects of bioplastics and biopolymers: a review. *Environmental Chemistry Letters* vol. 20 379–395 Preprint at <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01334-4> (2022).
2. De Falco, F. *et al.* A thermoanalytical insight into the composition of biodegradable polymers and commercial products by EGA-MS and Py-GC-MS. *J Anal Appl Pyrolysis* **171**, (2023).
3. Rizzarelli, P. *et al.* Determination of polyethylene in biodegradable polymer blends and in compostable carrier bags by Py-GC/MS and TGA. *J Anal Appl Pyrolysis* **117**, 72–81 (2016).

Nuovo sistema di certificazione della quantità di materiale riciclato in un bene in polietilene tramite traccianti luminescenti

Romano F.¹⁻², Ceroni P.¹⁻², Villa M.¹⁻², Germinario A.¹⁻²

¹Dip. Chimica G. Ciamician, Alma Mater Università di Bologna, Italia; ²SINBIOSYS SRL, Bologna, Italia,

Keyword: Tracciabilità, fluorescenza, polietilene, CONSORZIO POLIECO

Tipo di submission: Presentazione Orale

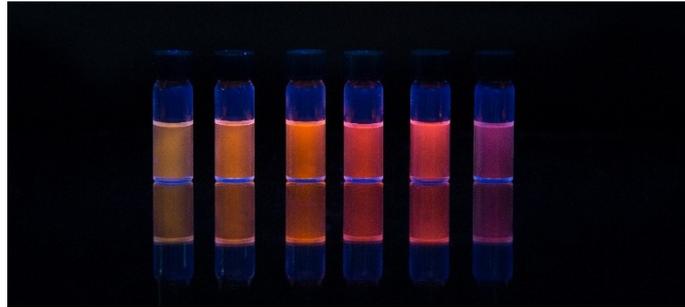


Fig. 1 - Materiali traccianti utilizzati nello studio sotto irraggiamento con luce UV.

Abstract: Il presente progetto vuole dimostrare la fattibilità industriale di un innovativo sistema di **tracciamento molecolare** del polietilene riciclato (rPE) tramite l'inserimento di **nanotraccianti luminescenti (SiQDs)** nella matrice polimerica.

L'obiettivo principale è fornire un metodo affidabile, sicuro ed economico per certificare la percentuale di rPE presente nei materiali, sfruttando la luminescenza dei nanocristalli per identificare e quantificare concentrazioni di riciclato in modo alternativo al bilancio di massa.

Durante la fase sperimentale sono stati prodotti e caratterizzati film polimerici a cinque diverse concentrazioni, poi analizzati attraverso spettroscopia di emissione. I risultati hanno evidenziato una **chiara correlazione tra intensità del segnale ottico e concentrazione di rPE**, rendendo il sistema altamente efficace per distinguere miscele contenenti 100%, 50% e 25% di materiale riciclato e fino a concentrazioni di 3 ppm di tracciante.

Il tracciante si è inoltre dimostrato **stabile durante i processi industriali e non alterante le proprietà del materiale**.

Il progetto pone solide basi per un sistema industrialmente scalabile per la **certificazione della presenza di plastica riciclata in un oggetto** in linea con le direttive europee sull'economia circolare ed è promosso e finanziato dal **consorzio italiano per il riciclaggio dei rifiuti di beni in polietilene, POLIECO**.

Riferimenti bibliografici:

1. Ceroni P., Romano F., Silicon nanostructures as luminescent markers for the recycling of plastic. *European patent*, 2019, EP3870639A1;

Approcci semplificati per la valutazione della sostenibilità ambientale di bioplastiche nelle prime fasi di sviluppo

Floriana Coppola¹, Shamraiz Ahmad¹, Serena Righi^{1,2}

¹Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali, Università di Bologna, Campus di Ravenna, Ravenna, Italia

²Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Bologna, Bologna, Italia

Keyword: impatto ambientale; sostenibilità; approcci semplificati; fase preliminare; bioplastiche;

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: L'uso crescente delle plastiche tradizionali ha rivoluzionato numerosi settori industriali e migliorato la qualità della vita, ma ha anche sollevato preoccupazioni riguardo alla gestione dei rifiuti plastici e ai loro impatti sull'ambiente e sulla salute umana. In risposta a queste problematiche, si stanno sviluppando materiali alternativi, come le plastiche bio-based, che potrebbero avere un impatto ambientale inferiore. Tuttavia, la sostenibilità ambientale di questi materiali non è automatica e richiede una valutazione approfondita lungo tutto il ciclo di vita, soprattutto nelle prime fasi di sviluppo, quando il livello di maturità tecnologica è ancora basso (TRL – Technology Readiness Level).

In questo contesto si inserisce il progetto BioLaMer [1], che propone una bioraffineria innovativa basata sull'utilizzo di larve di mosca soldato (*Hermetia illucens*), alimentate da rifiuti alimentari, per produrre due biopolimeri – polidrossialcanoati (PHA) e chitosano – destinati ad applicazioni nel packaging e nel settore biomedico. Il sistema, che va dall'allevamento delle larve alla produzione dei biomateriali, è ancora in fase iniziale. In questa fase, le valutazioni ambientali preliminari sono cruciali per indirizzare il processo verso soluzioni più sostenibili. Tuttavia, la scarsità di dati e l'incertezza rendono difficile applicare metodologie complesse come il Life Cycle Assessment (LCA). Per superare queste difficoltà, BioLaMer adotta un approccio semplificato per la valutazione preliminare degli impatti ambientali dei biomateriali, utilizzando strumenti adattabili alle limitazioni delle fasi iniziali di sviluppo, ispirati comunque al *life cycle thinking*. Tuttavia, non esiste un approccio universalmente accettato dalla comunità scientifica per le fasi iniziali di sviluppo, dove i dati sono scarsi e l'incertezza è alta.

Stiamo pertanto conducendo una revisione sistematica della letteratura degli ultimi dieci anni seguendo la metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [2], dove parole chiave combinate strategicamente tramite operatori booleani sono state utilizzate per ricercare su Scopus articoli scientifici pertinenti. Tali articoli verranno sottoposti a uno screening in due fasi: una prima valutazione basata su titolo e abstract, seguita da un'analisi del testo completo per confermarne la pertinenza. Risultati preliminari di tale ricerca bibliografica ci hanno consentito di individuare numerosi approcci che includono metriche verdi, strumenti di modellazione, metodi semi-quantitativi e indicatori compositi. Sebbene non esista un approccio universale, l'applicazione combinata di più metodi potrebbe fornire indicazioni preliminari utili a indirizzare la progettazione dei materiali bio-based. Verranno presentati i risultati di questa analisi della letteratura e un esempio applicativo derivante dal progetto BioLaMer. È tuttavia essenziale sottolineare che l'analisi degli impatti ambientali in fase iniziale dovrà essere condotta con la consapevolezza dei propri limiti, riconoscendo i risultati come valori preliminari utili a orientare la progettazione. In una fase successiva, quando i dati saranno più affidabili, sarà necessario procedere con una LCA completa per affinare le scelte progettuali.

Ringraziamenti: La presente ricerca è stata finanziata dalla Commissione Europea nell'ambito del programma di ricerca e innovazione Horizon Europe, Grant Agreement n. 101099487, HORIZON-EIC-2022-PATHFINDEROPEN-01, HORIZON-EIC Grants, BioLaMer "Proof of principle fly larvae biorefinery for biopolymer plastic production". Le opinioni espresse appartengono, tuttavia, al solo o ai soli autori e non riflettono necessariamente le opinioni dell'Unione Europea. Né l'Unione Europea né l'autorità erogatrice possono essere ritenute responsabili.

Riferimenti bibliografici:

1. BioLaMer. 2023. Proof of principle fly larvae biorefinery for biopolymer plastic production, viewed 16 Apr 2025. <https://biolamer.eu/>
2. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E., Chou R., Glanville J., Grimshaw J.M., Hróbjartsson A., Lalu M.M., Li T., Loder E.W., Mayo-Wilson E., McDonald S., McGuinness L.A., Stewart L.A., Thomas J., Tricco A.C., Welch V.A., Whiting P., Moher D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021; 372: n71.

Applicazione dell’LCA nel settore della plastica: stato dell’arte e prospettive

Arfelli F.¹, Rossi E.^{1,2}, Bedogni F.¹, Cespi D.^{1,2}, Ciacci L.^{1,2}, Passarini F.^{1,2}

¹Dipart., di Chimica Industriale “Toso Montanari”, Università di Bologna, via Piero Gobetti 85, 40136 Bologna, Italia; ²CIRI FRAME, Università di Bologna, via Angherà 22, 47922 Rimini, Italia.

Keyword: Life Cycle Assessment, Plastica Monouso e Multiuso, Impatto del riciclaggio, Microplastiche

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

La relazione tra plastica e salute ambientale è un tema di grande rilevanza sia a livello politico che scientifico. Le implicazioni legate allo sfruttamento delle risorse necessarie per la produzione di plastica (es. fonti fossili, biomasse) e, in particolare, gli impatti ambientali che si verificano nella fase di gestione a fine vita, come quelli conseguenti alla dispersione di microplastiche nell’ambiente, sono oggetto di crescente dibattito. Bilanciare i benefici e gli svantaggi dell’uso di questi materiali risulta ancora complesso. In questo contesto, l’analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) si configura come uno strumento di valutazione quantitativa, rappresentando una delle metodologie più diffuse e accettate per identificare e quantificare i potenziali impatti ambientali associati a un prodotto o sistema. Attraverso una selezione di casi studio, questo contributo mira a illustrare le potenzialità dell’LCA nel settore della plastica, evidenziandone prospettive e limiti.

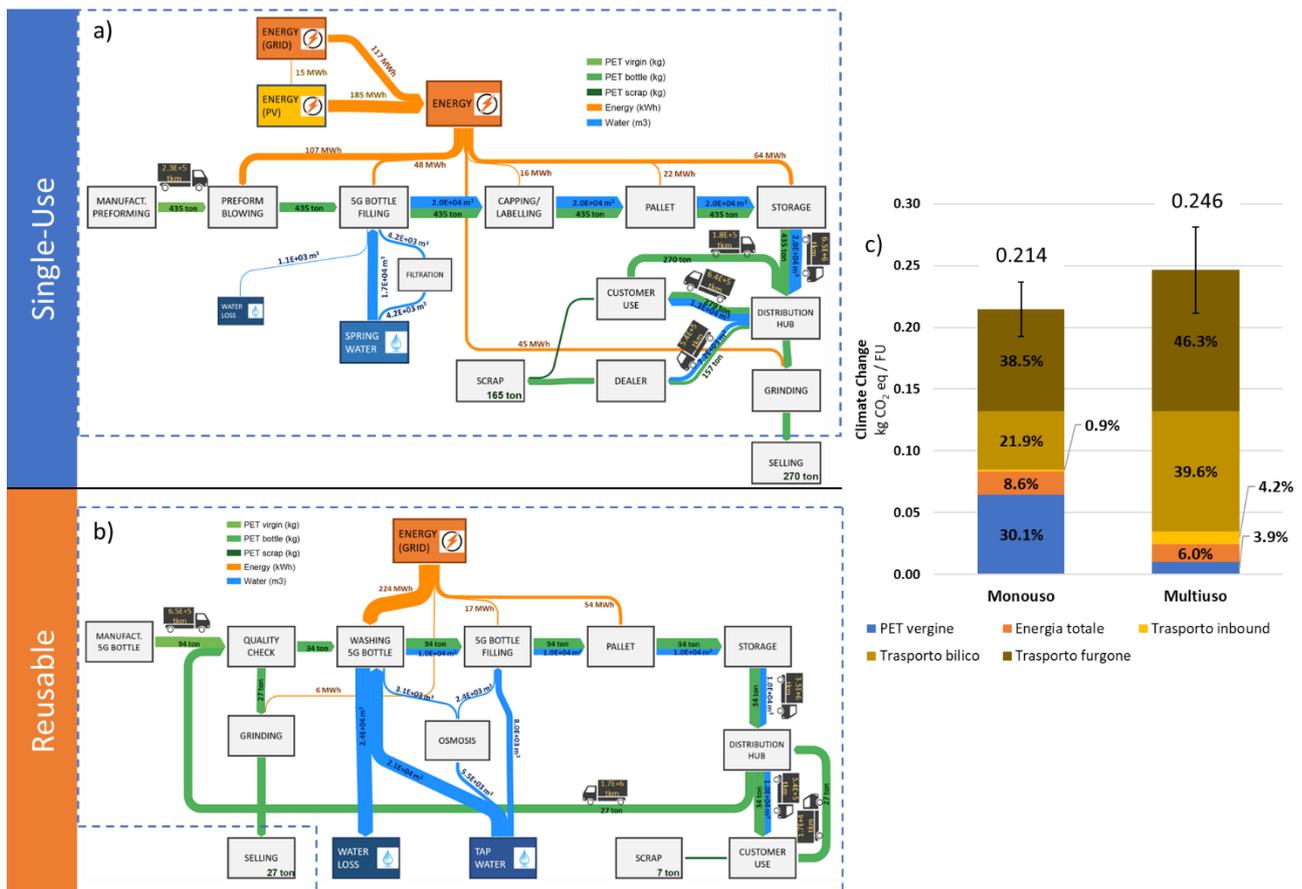


Figura 1: Sistema prodotto dei contenitori in PET monouso (a) e riutilizzabili (b) e confronto degli impatti relativi al Riscaldamento Globale (GWP) delle due alternative calcolato col metodo ReCiPe 2016.

Un primo caso studio [1] propone un confronto tra contenitori d’acqua monouso e riutilizzabili (Figura 1A,1B), riferito a 1 litro di acqua potabile contenuto nel recipiente (LAPiC), scelto come unità funzionale per la normalizzazione dei consumi di materia prima, energia, emissioni e impatti relativi al trasporto e alla gestione dei rifiuti. I risultati mostrano una confrontabilità tra gli impatti osservati: in particolare, al netto delle incertezze, 13 su 18 categorie mostrano una preferibilità per il monouso, evidenziando, ad esempio, un potenziale contributo di gas climalteranti di 0,205 kg CO₂ eq/LAPiC contro 0,214 kg CO₂ eq/LAPiC (Figura 1C). Dall’analisi

emerge l'elevata incidenza delle fasi logistiche, che rappresentano il principale hotspot per tutte le 18 categorie di impatto valutate, rendendo dominante il ruolo delle distanze percorse e dei mezzi impiegati per il trasporto. Anche i consumi di acqua favoriscono il monouso, poiché i contenitori riutilizzabili richiedono un volume per il lavaggio pari a 2 LAPiC.

Nel secondo studio [2], viene esaminato un approccio metodologico per valutare gli impatti e i benefici ambientali associati al riciclaggio meccanico e chimico del PET. Si discute la scelta di un'unità funzionale che consenta un confronto coerente con le diverse qualità del prodotto ottenuto da riciclaggio chimico e meccanico. Infatti, il PET proveniente da riciclo meccanico potrebbe presentare caratteristiche prestazionali inferiori, limitandone l'utilizzo in alcuni settori e riducendo il numero di cicli di riciclaggio a cui può essere sottoposto senza che le sue proprietà siano irrimediabilmente compromesse.

Tabella 2: Confronto tra diversi approcci per esaminare gli impatti e i crediti ambientali associati al riciclo meccanico (R-MEC) e chimico (R-CHEM) della plastica. a) il rifiuto in ingresso è considerato a impatto=0 b) si assume di ottenere un prodotto qualitativamente simile al PET vergine; c) si assume di ottenere un prodotto con qualità inferiori al PET vergine, richiedendo una i) miscelazione con PET-simil vergine per poter essere utilizzato per le medesime applicazioni, ii) o l'utilizzo per scopi meno nobili; d) unità funzionale basata sulla quantità di PET vergine che deve essere reintegrato nel sistema affinché il prodotto in output abbia caratteristiche simili al PET vergine; e) unità funzionale basata sulla quantità di rifiuto in ingresso (indipendente dalla qualità del prodotto in uscita)

Processo	Approccio 1		Approccio 2	
	R-MEC	R-CHEM	R-MEC	R-CHEM
Confini del sistema	Cut-off upstream ^a	Cut-off upstream ^a	Cut-off upstream ^a	Cut-off upstream ^a
Tipologia prodotto ottenuto	Simile a PET vergine ^b	Simile a PET vergine ^b	Qualità inferiore ^c	Simile a PET vergine ^b
Unità funzionale	Monomero vergine in ingresso ^d	Monomero vergine in ingresso ^d	Rifiuto in ingresso ^e	Rifiuto in ingresso ^e
Integrazione di PET vergine	Maggiore	Inferiore	=	=
Impatto dl processo di riciclo	Inferiore	Maggiore	Inferiore	Maggiore
Impatto evitato (credito)	=	=	Maggiore	Inferiore

Infine, in risposta alla crescente preoccupazione per la presenza di microplastiche nell'ambiente, vengono delineate le prospettive di ricerca per la stima dei fattori di caratterizzazione da assegnare ai diversi tipi di microplastiche. [3] Questi fattori sono cruciali per identificarne l'effettivo impatto, specialmente in termini di tossicità, quando vengono rilasciate nell'ambiente. Il Joint Research Center ha identificato questo aspetto come una delle priorità della ricerca per il prossimo futuro.

Riferimenti bibliografici:

1. Arfelli, F.; Ciacci, L.; Passarini, F. Report: Analisi Del Ciclo Di Vita Di Diversi Scenari Di Approvvigionamento, Produzione e Distribuzione Di Dispenser Di Acqua Con Approccio Monouso e Multiuso.; 2019.
2. Caelli, C.; Arfelli, F.; Caraceni, F.; Cespi, D.; Cordara, M.; Brondi, C.; Ballarino, A. Implementation of LCA in the Circular Economy Context: Methodological Issues for Application in PET Packaging. Accepted by CIRP Procedia in date 29/01/2024
3. Corella-Puertas, E.; Hajjar, C.; Lavoie, J.; Boulay, A.M. MarILCA Characterization Factors for Microplastic Impacts in Life Cycle Assessment: Physical Effects on Biota from Emissions to Aquatic Environments. J Clean Prod 2023, 418, doi:10.1016/j.jclepro.2023.138197.

Life cycle assessment of bio-based ethers and esters: synthesis from waste biomass and application in extraction processes

Pigni E.¹, Cespi D.³, Galletti P.^{2,3}, Natale, P.^{2,3}, Samorì C.^{2,3}, Terrarossa I.², Righi S.^{1,2}

¹Dipartimento di Fisica ed Astronomia "Augusto Righi", Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Viale Berti Pichat 6/2, 40127, Bologna, Italy; ²Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali (CIRSA), Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Via S. Alberto 163, 48123, Ravenna, Italy.

³Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari", Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Via Piero Gobetti 85, 40136, Bologna (BO), Italy. ⁴Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Via Piero Gobetti 85, 40136, Bologna (BO), Italy.

Keyword: LCA, green solvents, plastic recycling; polyhydroxyalkanoates

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Nell'ultimo decennio si è assistito ad un rapido sviluppo dei "solventi sostenibili", ritenuti una valida alternativa ai solventi fossili tradizionali. Il principale vantaggio di questi solventi è un minor consumo di risorse fossili, dato che molti sono prodotti a partire da fonti rinnovabili e quindi definiti bio-based. Sebbene essi siano considerati "verdi" non è ancora chiaro se le prestazioni ambientali del loro intero ciclo di vita (produzione, utilizzo, fine vita) siano realmente migliori di quelle dei solventi tradizionali. Per valutarne la sostenibilità ambientale abbiamo utilizzato la metodologia Life Cycle Assessment (LCA), applicandola a 2 eteri e 2 esteri bio-based ottenuti da biomasse di scarto. Il ciclopentil metil etere (CPME), e il 2-metiltetraidrofurano (2-MeTHF) sono stati selezionati per la prima categoria, mentre il γ -valerolattone (GVL) e l'etil lattato (EL) per la seconda. Per tutti i composti sono stati valutati l'impatto ambientale del processo di sintesi e le prestazioni ambientali in un'applicazione in laboratorio: l'estrazione di polietilene (PE) da packaging poliaccoppiato di scarto per il CPME e il 2-MeTHF, e l'estrazione di poliidrossibutirrato (PHB) da batteri per il GVL e l'EL. I confini del sistema sono di tipo cradle-to-gate, quindi la fase di fine vita dei solventi non è stata considerata. I risultati sono stati confrontati con composti fossili sostituibili nelle stesse applicazioni. In particolare, per il CPME e il 2-MeTHF il confronto è stato effettuato con il cicloesano. Il GVL ed EL sono stati confrontati con il 1,2-dicloroetano. Sono state scelte 3 unità funzionali: la produzione di 1 kg di solvente e la produzione di 1 kg di PE (per gli eteri) o di PHB (per gli esteri). Per l'analisi sono stati utilizzati la banca dati GaBi Professional e il software LCA for Experts. Data l'impossibilità nel trovare i dataset per i composti selezionati, abbiamo ricostruito il processo di sintesi dei singoli processi tramite dati di letteratura e brevetti. Il metodo di impact assessment utilizzato è l'Environmental Footprint (E.F.) 3.1.

I risultati, seppur preliminari, mostrano come i processi di sintesi del CPME, 2-MeTHF, GVL e EL abbiano prestazioni migliori o comparabili con le prestazioni dei solventi fossili sostituiti. Considerando, invece, l'impatto ambientale della produzione di PE si nota che gli impact score del CPME e del 2-MeTHF sono dello stesso ordine di grandezza di quello del cicloesano. Il CPME però presenta un impatto leggermente maggiore, in parte dovuto all'utilizzo del processo "process steam from natural gas". In merito all'estrazione del PHB siamo ancora in fase di valutazione, ma avremo presto dei risultati.

Riferimenti bibliografici:

1. Righi, S., Baioli, F., Samorì, C., Galletti, P., Tagliavini, E., Stramigioli, C., Tugnoli, A., and Fantke, P. 'A Life Cycle Assessment of Poly-Hydroxybutyrate Extraction from Microbial Biomass Using Dimethyl Carbonate'. *Journal of Cleaner Production* 2017; 168 (December):692–707.
2. Samorì, C., Pitacco, V., Vagnoni, M., Catelli, E., Collorichio, T., Gualandi, C., Mantovani, L., Mezzi, A., Sciutto, G. e Galletti, P. «Recycling of multilayer packaging waste with sustainable solvents». *Resources, Conservation and Recycling* 2023; 190: 106832.



Poster



Modellazione dei Carichi Plastici Fluviali verso la Laguna di Venezia: Implicazioni per Futuri Scenari di Gestione dei Rifiuti

Aalifar A.^{1,2}, Mc Kiver W. J.¹, De Pascalis F.¹, Falcieri F.¹, Madricardo F.¹, Moschino V.¹ and Ghezzi M.¹

¹Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di scienze marine (CNR-ISMAR), Venezia; ²Il dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari Venezia, Venezia.

Keyword: Inquinamento da plastica, Laguna di Venezia, Modello probabilistico, Carico fluviale, Gestione dei rifiuti.

Tipo di submission: Poster

Abstract: L'inquinamento da plastica nei sistemi costieri rappresenta una sfida ambientale urgente. Tra le principali sorgenti figurano i fiumi che convogliano i rifiuti terrestri dal bacino idrografico verso ambienti costieri sensibili come la Laguna di Venezia. Nonostante la crescente consapevolezza, la quantificazione dei carichi plastici che raggiungono questi ecosistemi rimane complessa a causa della scarsità di dati e della natura articolata dei processi di trasporto dalla terra al mare. Questo studio utilizza un modello probabilistico sviluppato per stimare il carico plastico dei fiumi che sfociano nella Laguna di Venezia, basato sulla probabilità che i rifiuti plastici mal gestiti (MPW) abbandonati a terra raggiungano il mare.

Il modello calcola la probabilità totale di emissione $P_{(E)}$ come prodotto di tre componenti: (1) la probabilità di mobilitazione $P_{(M)}$, basata su velocità del vento e intensità delle precipitazioni, che stima la possibilità che i rifiuti vengano messi in movimento; (2) la probabilità di trasporto verso i fiumi $P_{(R)}$, che considera uso del suolo, pendenza del terreno e distanza dal fiume più vicino, valutando la possibilità che i rifiuti mobilitati raggiungano un corso d'acqua; e (3) la probabilità di trasporto verso il mare $P_{(O)}$, determinata dall'ordine del corso d'acqua, dalla portata fluviale e dalla distanza dalla costa, che riflette la probabilità che la plastica fluviale arrivi alla laguna o al Mare Adriatico. Questo approccio si basa su metodologie precedentemente applicate su scala globale [1]. La Figura 1 illustra il quadro concettuale del modello.

Per analizzare il rischio attuale e futuro, il modello è stato applicato a tre scenari, utilizzando dati nazionali italiani sul MPW (in kg/anno): (Scenario 1) baseline per il 2019, (Scenario 2) Business-as-Usual al 2060 senza interventi politici, e (Scenario 3) uno scenario di mitigazione al 2060, che prevede una migliore gestione dei rifiuti e una riduzione nella produzione di plastica [1]. I risultati mostrano una chiara crescita delle emissioni nello Scenario 2 e una marcata riduzione nello Scenario 3, evidenziando l'efficacia di politiche proattive. Il comportamento del fiume Dese, uno dei principali affluenti della Laguna di Venezia, riflette chiaramente queste tendenze nei tre scenari, come mostrato in Figura 2.

Questo approccio rappresenta uno strumento scalabile e basato sui dati per identificare bacini fluviali ad alto rischio e orientare interventi mirati. Fornisce inoltre un supporto concreto per strategie di riduzione dell'inquinamento alla fonte e per la protezione degli ambienti transizionali.

Riferimenti bibliografici:

1. Meijer, L. J. J., Van Emmerik, T., Van Der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Sci. Adv.* 7, eaaz5803.
2. Lebreton, L., & Andrady, A. (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5(1), 1-11.

Figure:

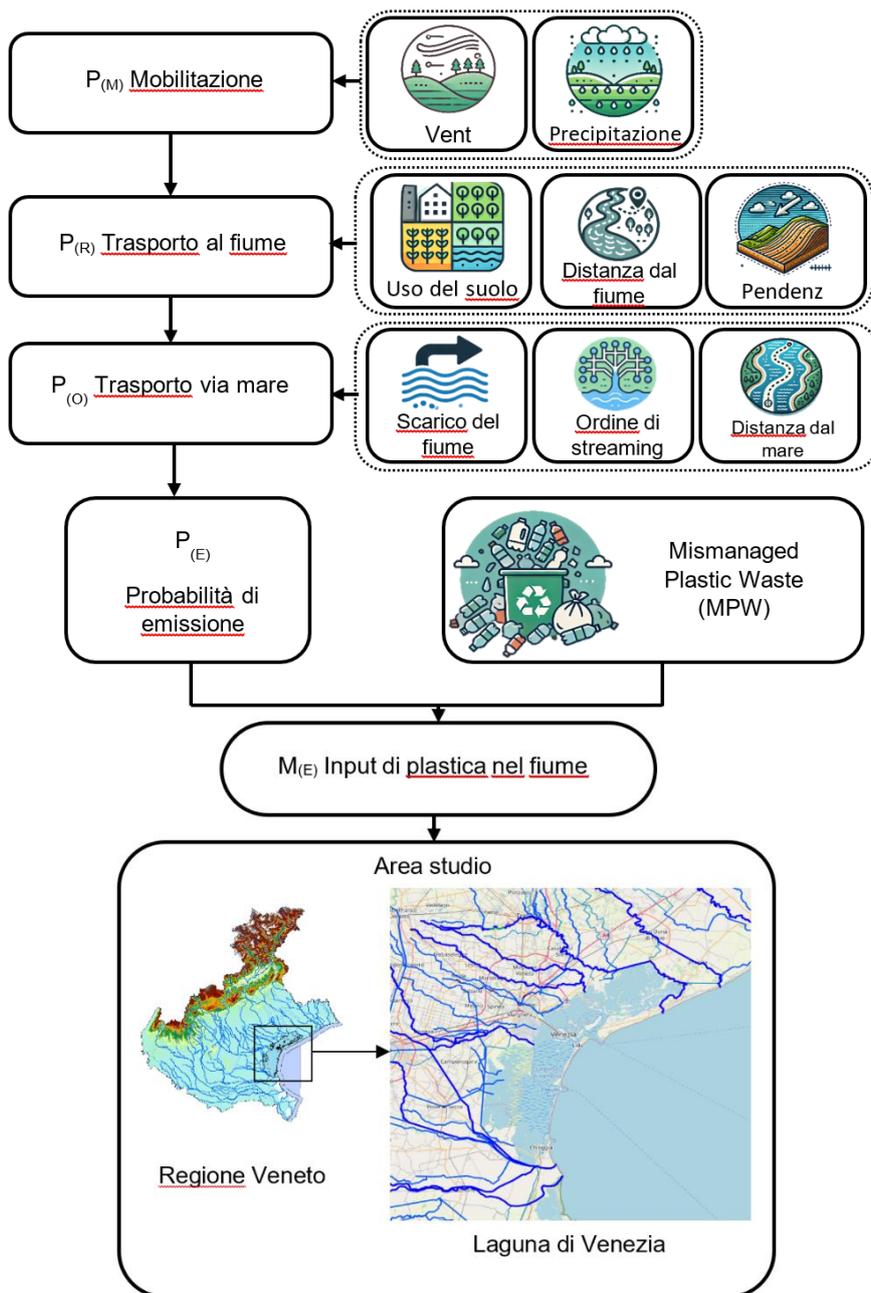


Figura 1: Quadro concettuale del modello.

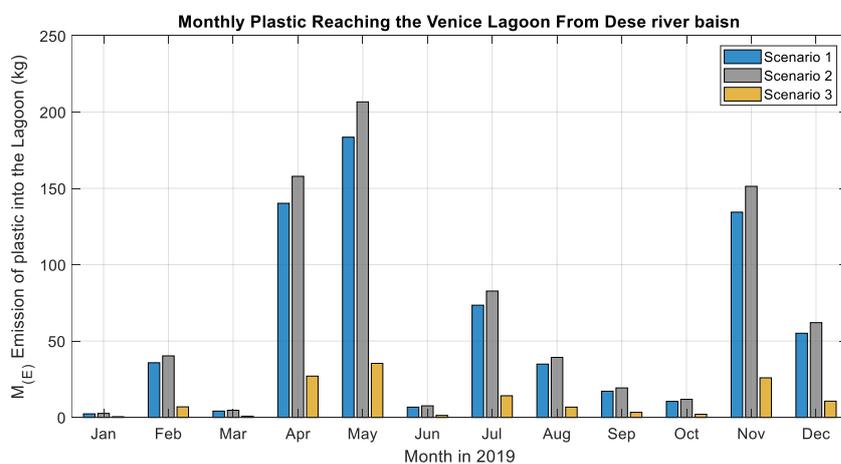


Figura 2: Plastica mensile che raggiunge la Laguna di Venezia dal fiume DESE.

***In vitro* screening of the impact of bioplastic leachates on *Mytilus* hemocyte function**

Teresa Balbi^{1,2}, Manon Auguste^{1,2}, Martina Leonessi^{1,2}, Scala Serena³, Chiara Samori⁴, Paola Valbonesi³, Elena Fabbri³, [Laura Canesi](#)^{1,2}

¹*Department of Earth, Environmental and Life Sciences-DISTAV, University of Genova, Italy*

²*National Biodiversity Future Center, 90133 Palermo, Italy*

³*Department of Biology, Geology and Environmental Science, University of Bologna, Ravenna (Italy)*

⁴*Department of Chemistry "Giacomo Ciamician", University of Bologna, Ravenna (Italy)*

Keywords: bioplastics, leachates, marine bivalves, immune function, hemocytes

Tipo di submission: Poster

The potential discharge in the environment and biological effects of chemicals released by conventional plastics and bioplastics is still a largely overlooked issue¹. Their presence in the marine environment can represent a significant threat for marine species. Since plastic leachates represent a complex mixture of different chemicals, whose chemical identification and quantification requires complex and labour consuming techniques, *in vitro* assays carried out on cells obtained from marine organisms can provide a rapid and sensitive tool to evaluate their potential biological impact.

The bivalve *Mytilus galloprovincialis* represents a recognized model marine invertebrate to investigate the impact of different environmental contaminants. In particular, mussel immune cells, the hemocytes, have been widely utilized for the *in vitro* screening of the effects and mechanisms of action of a variety of contaminants, including nanosized plastic particles, as well as common plastic additives (i.e. bisphenol A, tetra-bisphenol A, triclosan).

In this work, the effects of leachates obtained from six different bioplastic items in sea water were evaluated in short-term *in vitro* experiments with *Mytilus* hemocytes. Six different leachates were obtained by polylactic acid (PLA) plates, polybutylene succinate and polylactic acid (PBS/PLA) spoons and glasses, polypropylene and starch-based polymer (PP/PSM) forks, supermarket (Sbs) and waste (Hera bag) bags in starch and polybutylene adipate cotereftalate (A/PBAT). Hemocytes were incubated for 60 min with different leachates at increasing concentrations (1, 10, 50, 100% in artificial sea water) and different functional parameters were evaluated: lysosomal membrane destabilization (LMS), phagocytic activity, extracellular ROS production, nitric oxide-NO production and lysozyme release. The results show that, among the tested leachates, only Sbs leachates induced a concentration dependent lysosomal destabilization and enlargement from 10% dilution, indicating cellular stress. The effects were even stronger than those observed using car tire rubber leachate as a positive control. However, none of the immune parameters measured (phagocytosis, ROS, NO and lysozyme) nor lipid accumulation (Nile red staining) were affected. Overall, the results indicate little impact of bioplastic leachates on mussel immune function, compared with previous data obtained with individual additives of conventional plastics, indicating advances towards more ecofriendly bioplastic production.

Acknowledgments: this work was supported by PRIN2022 YHXCWP "Adverse impacts of plastic additive mixtures in the marine environment: from molecules to whole organism physiology".

Riferimenti bibliografici:

¹ Gunaalan K, Fabbri E, Capolupo M. The hidden threat of plastic leachates: a critical review of their impact on aquatic organisms. *Water Res.* 2020, 184:116170

² Capolupo M., Rafiq A., Coralli I., Alessandro T., Valbonesi P., Fabbri D., Fabbri E. Bioplastic leachates characterization and impacts on early larval stages and adult mussel cellular, biochemical and physiological responses, *Environmental Pollution*, 2023, 139, 120951

Diagnostica delle microplastiche: interferenza del trattamento preliminare del campione in indagini micro-FTIR, micro-Raman e di microscopia elettronica.

Bentivoglio T.¹, Anselmi S.¹, Renzi M.^{2*}

¹ Bioscience Research Center, Via Giovanni Velasco n° 14, Fraz. Fonteblanda 58015 Orbetello (GR), Italy

² Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via Licio Giorgieri, 34127, Trieste, Italy

*Corresponding author: mrenzi@units.it

L'identificazione delle microplastiche nei campioni ambientali richiede l'applicazione di tecniche analitiche avanzate, come la microspettroscopia FT-IR, la microspettroscopia Raman e la microscopia elettronica a scansione (SEM/EDS). Tuttavia, la fase di preparazione del campione, in particolare la rimozione della matrice organica tramite trattamenti di digestione chimica o enzimatica, può influenzare significativamente l'affidabilità delle analisi. La degradazione potenziale dei polimeri, le modifiche delle proprietà superficiali e la formazione di artefatti rappresentano fattori critici che possono interferire con il riconoscimento spettrale e morfologico delle particelle.

Il presente lavoro si propone di valutare in modo sistematico l'effetto di diversi trattamenti di digestione comunemente utilizzati, quali acidi, basi, agenti ossidanti ed enzimi, su microplastiche di standard di diversa natura chimica e morfologia. I campioni trattati sono stati analizzati mediante micro-FTIR, micro-Raman e SEM/EDS, al fine di confrontare l'efficacia di identificazione, la qualità spettrale e l'integrità morfologica dei polimeri post-trattamento.

L'obiettivo del lavoro è quello di identificare i protocolli di digestione più compatibili con le tecniche analitiche impiegate, definendo le condizioni operative che garantiscono risultati affidabili e riproducibili. Questo studio si inserisce nel più ampio contesto della standardizzazione delle metodologie per lo studio delle microplastiche, contribuendo a migliorare la qualità dei dati prodotti nei monitoraggi ambientali. Il miglioramento delle metodologie analitiche non solo permetterà un'analisi più accurata, ma favorirà anche una migliore comprensione dell'impatto delle microplastiche sugli ecosistemi e sulla salute umana.

Effetti della contaminazione da microplastiche in ambiente urbano: comportamento e sopravvivenza in diverse specie di microartropodi del suolo

Scaramelli M.^{1,2}, Sabatini M.A.¹, Simonini R.¹, Prevedelli D.¹, Bergami E.^{1,2}

¹Department of Life Sciences, University of Modena and Reggio Emilia, Via Campi 213/D, Modena, Italy;

²NBFC, National Biodiversity Future Center, Palermo 90133, Italy.

Keyword: Microplastiche, ecotossicologia, suolo, microartropodi, avoidance.

Tipo di submission: Poster

Abstract: Le microplastiche (MP, <1 mm) sono ubiquitarie negli ecosistemi terrestri. La loro presenza è associata a possibili alterazioni delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo e ad impatti sul comportamento e sulla sopravvivenza degli organismi edafici. Ciononostante, ad oggi, gli studi sugli effetti delle MP sono per lo più limitati ad organismi modello, come il collembolo *Folsomia candida*.

In questo studio, sono stati valutati gli effetti di MP prodotte dalla degradazione di plastiche presenti in ambiente urbano su diverse specie di microartropodi del suolo. In particolare, gli effetti delle MP sono stati saggiati su 3 specie di collemboli *wild* (*Parisotoma notabilis*, *Onychiurus sp.* e *Ceratophysella denticulata*), sulla specie modello *F. candida*, e sulla specie di acaro oribatide *Scheloribates sp.* Le specie *wild* utilizzate sono state acclimatate in laboratorio per 2 anni prima di effettuare i test, raggiungendo popolazioni stabili.

Le MP testate derivano da autobloccanti in HDPE comunemente utilizzati in aree urbane di parcheggio, frammentati in laboratorio per ottenere la frazione sub-millimetrica (10-832 µm) utilizzata nei test. Gli effetti delle MP (a 1000 mg/kg) sul comportamento dei microartropodi sono stati valutati con test ISO di evitamento (*avoidance*), mentre gli effetti sulla sopravvivenza sono stati valutati su *P. notabilis* e *F. candida* mediante test cronico OECD, esponendo gli organismi a concentrazioni crescenti di MP (da 10 mg/Kg fino a 1000 mg/kg). Il protocollo standardizzato per *F. candida* (28 giorni e temperatura di 20 °C) è stato modificato per la specie *wild P. notabilis* sulla base delle caratteristiche del suo ciclo biologico portando la durata del test a 35 giorni e la temperatura a 17°C.

I risultati ottenuti mostrano una chiara tendenza all'evitamento del suolo contaminato con MP per tutte le specie di microartropodi, con differenze significative rispetto ai gruppi di controllo (*avoidance* da 2 a 4 % in suoli privi di MP). *F. candida* è risultata la specie meno sensibile alla presenza di MP (*avoidance* di 34 ± 13 %), mentre i valori più elevati sono stati riscontrati per il collembolo *Onychiurus sp.* e l'acaro *Scheloribates sp.*, con % di *avoidance* rispettivamente di 53 ± 13% e 53 ± 19%.

Negli esperimenti di esposizione cronica a 28-35 giorni è stata osservata una diminuzione significativa della sopravvivenza dei collemboli esposti a MP, con tassi di mortalità, alla massima concentrazione testata, del 57,8 ± 13% in *F. candida* e del 92,2 ± 4,4% in *P. notabilis*.

Questo studio contribuisce a comprendere e quantificare gli effetti che le MP presenti negli ambienti terrestri hanno sia su specie di microartropodi modello sia su specie *wild* endemiche del territorio italiano.

Bernacchi Alberto, Spigarelli Renato, Valerii Maria Chiara, Fabbri Elena, Spisni Enzo

Mechanisms of Intestinal Uptake of Microplastics: Microscopy Evidence from Human Colonic Cells

Microplastics (MPs) are widespread and environmentally persistent contaminants that can be found in matrices which humans are extensively exposed to. Since they have been detected in tap-water, milk, salt and vegetables, ingestion seems to be the main route of exposure for humans, with an estimated average daily intake of 0,166 grams. While these data can vary widely among individuals depending on their eating habits and the geographical area in which they live, MPs have been detected in human lungs, placenta, colostrum and colon specimens. These findings are rising concerns not only because of their potential intrinsic toxicity but also because secondary microplastic could act as vehicle for pollutants and release additives. It is still not clear how MPs pass through the intestinal epithelial barrier, but gaining a more insightful knowledge should be of the utmost importance, as it currently may represent the only target for prevention strategies. Possible mechanisms of entry include intestinal microfold (M) cells mediated transcytosis, the paracellular route (which can be hypothesized for nanoparticles), or the so-called "unrestricted pathway". The latter is associated with disruption of the tight junctions between enterocytes, a condition that can be induced by persistent low-grade inflammation. In our study, monolayers of intestinal epithelial cells from the colonic mucosa were exposed to 2, 10, or 45 micron sized fluorescent polystyrene-based spheres. Monolayers were analyzed using microscopy techniques to verify the size-dependent intestinal barrier crossing of MPs and their possible intracellular localization.

Impatto delle micro- e nanoplastiche sul sistema immunitario umano: effetti del fotoinvecchiamento sulla funzione monocitaria e sulla risposta infiammatoria.

Broggiato M.^{1*}, Pezzana S.¹, Vanetti C.¹, Zecchini S.², Clerici M.³, Fenizia C.¹

¹ Dipartimento di Fisiopatologia Medico-Chirurgica e dei Trapianti, Università di Milano, via Festa del Perdono 7, 20122 Milano, Italia.

² Dipartimento di Scienze Biomediche e Cliniche, Università di Milano, Via Gian Battista Grassi, 74, 20122 Milano, Italia.

³ Dipartimento di Fisiopatologia Medico-Chirurgica e dei Trapianti, Università di Milano, via Festa del Perdono 7, 20122 Milano, Italia; Fondazione Don Carlo Gnocchi, IRCCS Milan Italia.

* e-mail: martina.broggiato@unimi.it

Keyword: Micro- e nanoplastiche (MNP); Risposta infiammatoria; Fotoinvecchiamento delle MNP; Attivazione immunitaria.

Tipo di submission: Presentazione Orale

La crescente diffusione di micro e nanoplastiche (MNP) nell'ambiente ha suscitato preoccupazioni per il loro impatto sulla salute umana. L'esposizione cronica alle MNP è stata associata a risposte infiammatorie e alterazioni del sistema immunitario, aumentando il rischio di malattie croniche e autoimmuni. Studi *in vitro* e *in vivo* hanno evidenziato come le MNP possano modificare l'attività e l'espressione genica delle cellule immunitarie, ma i meccanismi esatti restano poco esplorati.

Questo progetto analizza gli effetti *in vitro* delle MNP sulle cellule immunitarie umane, focalizzandosi sulle vie immunologiche coinvolte. Abbiamo valutato l'effetto di diverse concentrazioni e dimensioni di MNP in monociti umani primari, esaminando proliferazione, vitalità cellulare, espressione genica, risposte infiammatorie e fagocitosi. L'internalizzazione delle MNP è stata valutata mediante microscopia confocale e citofluorimetria, monitorando anche l'espressione dei marcatori di attivazione immunitaria e analizzando l'espressione genica tramite rt-qPCR, concentrandosi sui geni correlati alla presentazione dell'antigene, all'inflammasoma e all'infiammazione. Sono stati anche studiati gli effetti delle MNP invecchiate mediante esposizione ai raggi ultravioletti (UV).

I risultati hanno mostrato una riduzione della vitalità cellulare, un aumento dell'apoptosi e una attivazione immunitaria dose-dipendente. Sono state osservate aumentate produzioni di citochine infiammatorie come TNF α e IL8, e modificazioni nei marcatori di attivazione come CD80 e HLA-DRII. L'analisi dell'espressione genica ha rivelato una riduzione dell'espressione di HLA-A, che può influenzare la presentazione dell'antigene. Inoltre, i livelli di NLRP3 e CASP1 sono stati ridotti, suggerendo una minore attivazione dell'inflammasoma. È interessante notare che i dati preliminari indicano che le MNP invecchiate con UV inducono una risposta infiammatoria più marcata rispetto alle MNP non trattate, suggerendo che il fotoinvecchiamento possa amplificare gli effetti immunotossici delle MNP.

I risultati suggeriscono che le MNP influenzano significativamente la risposta immunitaria innata, con effetti dannosi sulla vitalità cellulare, sull'infiammazione e sulla funzione immunitaria. Tuttavia, sono necessari ulteriori studi per valutare i rischi a lungo termine legati all'esposizione alle MNP, concentrandosi su modelli *in vivo* che simulino condizioni di esposizione cronica.

Le nanoplastiche di polistirene causano stress ossidativo e alterano il metabolismo della glutamina nelle cellule mesenchimali stromali umane: effetti sul differenziamento osteogenico

Castellucchio M.^{1*}, Griffini E.^{1*}, Bianchi M.G.¹, Taurino G.¹, Casati L.², Bussolati O.¹, Chiu M.¹

¹Dipartimento di Medicina e Chirurgia, Università di Parma, via Volturno 39, 43125, Parma, Italia

²Dipartimento di Scienze della Salute, Università di Milano, via Rudini 8, 20142, Milano, Italia

*entrambi gli autori hanno contribuito egualmente

e-mail: mattia.castellucchio@unipr.it; erika.griffini@unipr.it

L'inquinamento da particelle di materiale plastico costituisce una minaccia ormai riconosciuta per l'ambiente e per la salute umana. Di conseguenza i potenziali effetti tossici di micro e nanoplastiche sono oggetto di attenzione crescente. Studi recenti hanno dimostrato che le nanoplastiche, particelle con almeno una dimensione inferiore a 100 nm, possono essere internalizzate dalle cellule di mammifero ed accumulate in diversi tessuti, dove inducono stress ossidativo [1-2]. La glutamina, l'aminoacido più abbondante nel plasma umano (450-600 μ M), oltre che essere assunta con la nutrizione, può essere sintetizzata dall'enzima glutamina sintetasi (GS). L'aminoacido svolge diversi ruoli metabolici all'interno della cellula ed è necessaria per una ottimale risposta allo stress ossidativo. Grazie all'azione delle glutaminasi, la glutamina viene infatti deamidata a glutamato, substrato del trasportatore xCT che accoppia l'efflusso di glutamato con l'ingresso di cistina, necessaria per la sintesi del glutatone (GSH), potente antiossidante. La glutamina, inoltre, è un aminoacido pro-osteogenico poiché, tramite l'enzima asparagina sintetasi (ASNS), promuove la sintesi di asparagina, necessaria per il differenziamento osteoblastico delle cellule mesenchimali stromali di midollo osseo (MSC) [3].

Dato che lo stress ossidativo è un potenziale inibitore del differenziamento osteoblastico [2], in questo studio sono stati indagati gli effetti delle nanoplastiche sul metabolismo della glutamina e sulle capacità differenziali delle MSC.

MSC umane isolate da midollo osseo (primarie di origine commerciale e una linea immortalizzata, hTERT-MSC) sono state trattate con nanoplastiche fluorescenti di polistirene commerciali di forma sferica (50 nm). L'internalizzazione delle nanoplastiche è stata valutata mediante microscopia confocale mentre la vitalità cellulare tramite saggio della resazurina. I marker di differenziamento osteoblastico e adipocitario sono stati valutati dopo 14 giorni di incubazione con fattori differenziali in presenza o meno di nanoplastiche.

Le MSC sono in grado di internalizzare le nanoplastiche, che risultano diffuse nel citoplasma e in gran parte localizzate nei lisosomi (Figura 1). Inoltre, l'esposizione a 100 μ g/ml di nanoplastiche determina un evidente incremento del compartimento lisosomiale rispetto alle cellule non trattate. Sebbene la vitalità cellulare delle MSC non risulti alterata dall'esposizione con nanoplastiche (1-200 μ g/ml), è evidenziabile uno stress ossidativo, dimostrato dalla diminuzione di GSH ridotto, dall'aumento di espressione del gene *HMOX1*, codificante per l'eme-ossigenasi (noto marker di stress ossidativo) e dell'attività del trasportatore xCT. Inoltre, le nanoplastiche diminuiscono l'espressione di ASNS ed aumentano quella di GS, alterazioni metaboliche associate ad un effetto anti-osteogenico. A conferma di questa ipotesi, le nanoplastiche causano una diminuita induzione dei marker di differenziamento osteogenico (*ALPL*, *SPARC*, *COL1A1*, *ASNS*, *GLS*, *SLC38A2*) in modo dose dipendente mentre quelli adipocitari (*PPARG*, *LEP*, *ADIPOQ*, *FABP4*) evidenziano una tendenza all'aumento.

In conclusione, le nanoplastiche di polistirene entrano nelle MSC, dove causano stress ossidativo e alterano il metabolismo della glutamina. Tali effetti inibiscono il differenziamento osteoblastico delle MSC con effetti potenzialmente patologici sull'osso.

Referenze bibliografiche

1. Bianchi M.G., et al. Biological Effects of Micro-/Nano-Plastics in Macrophages. *Nanomaterials* **2025**, 15(5), 394.
2. Giannandrea D., et al. Nanoplastic impact on bone microenvironment: A snapshot from murine bone cells. *J Hazard Mater.* **2024**, Jan 15:462:132717
3. Chiu M., et al. Myeloma Cells Deplete Bone Marrow Glutamine and Inhibit Osteoblast Differentiation Limiting Asparagine Availability. *Cancers* (Basel). **2020**, Nov 5;12(11):3267.

Figure

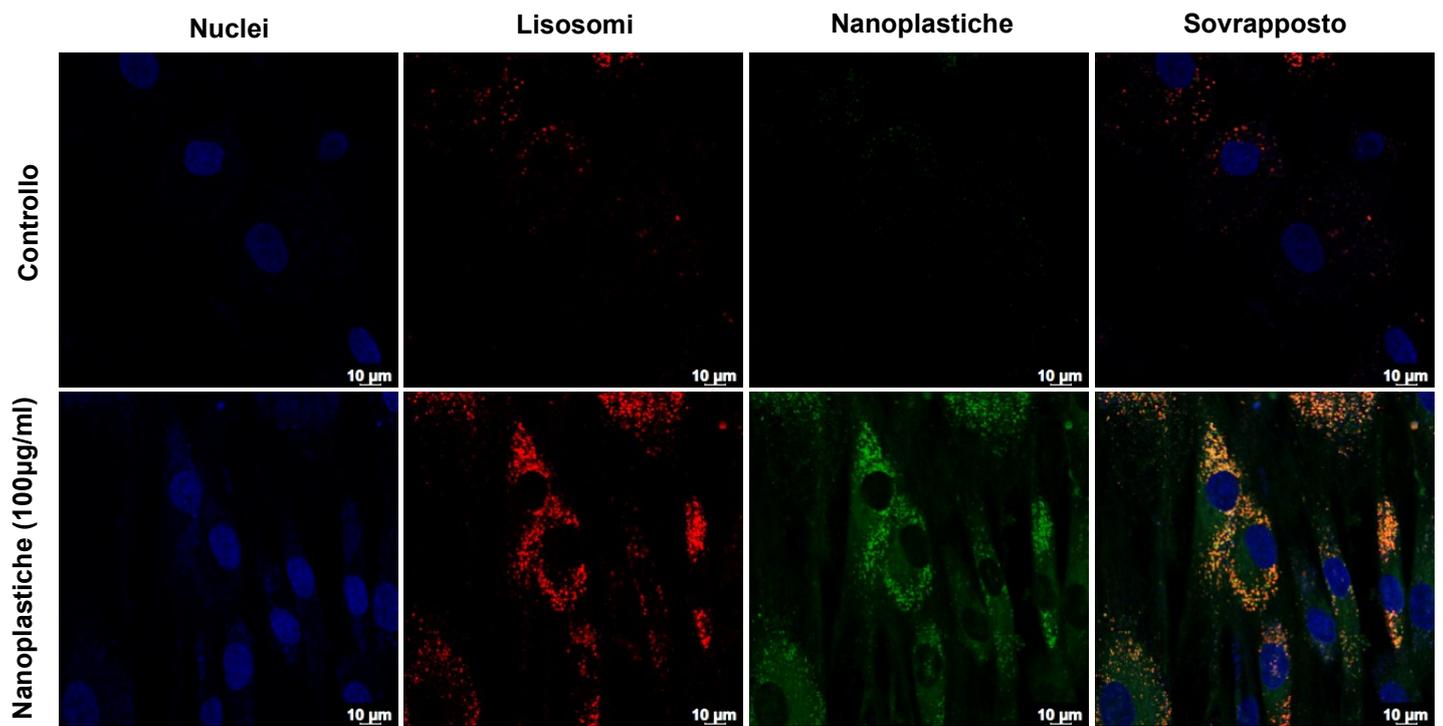


Figura 1. Le nanoplastiche vengono internalizzate dalle MSC. Le MSC sono state incubate per cinque giorni con e senza nanoplastiche marcate con Firefli Fluorescent Green (100 $\mu\text{g}/\text{ml}$). I nuclei sono evidenziati con Hoechst 33342 (pseudocolore azzurro) e i lisosomi con LysoTracker Red DND99. Campo rappresentativo di singola sezione confocale di cellule non fissate (obiettivo 40x).

Applicazione di un derivato della Dopa per la formazione di gel in presenza di tensioattivi commerciali

Sofia C.¹, Fabia C.¹, Demetra G.¹, Claudia T.¹

¹Dipartimento di Chimica Giacomo Ciamician, Università di Bologna, Bologna, Italia.

Keyword: Gel, Supramolecolare, Cosmetici, Detergenti, Microplastiche.

Tipo di submission: Poster

Abstract: A seguito della recente regolamentazione europea sulle microplastiche (Regolamento UE 2023/2055), i detergenti cosmetici destinati al risciacquo sono stati oggetto di particolare attenzione. Mentre le particelle solide a scopo esfoliante sono state facilmente eliminate dall'industria cosmetica grazie alla disponibilità di numerose alternative, i poliacrilati sono tuttora impiegati come microplastiche in deroga, principalmente per la loro funzione di modificatori reologici. L'obiettivo di questo lavoro¹ è lo sviluppo di alternative biodegradabili e sostenibili, basate su gelator supramolecolari derivati da amminoacidi.

Grazie alla loro natura dinamica e non covalente, questi gelator a basso peso molecolare (LMWG) non rientrano nella definizione di microplastica e offrono una risposta formulativa innovativa e biodegradabile² per il settore cosmetico. Lo studio si concentra sull'impiego di un derivato della L-Dopa in grado di autoassemblarsi in soluzioni acquose contenenti tensioattivi anionici comunemente usati nei detergenti cosmetici. La gelazione è indotta attraverso l'aggiunta di acido lattico, un acido cosmeticamente accettabile, che permette di abbassare il pH al di sotto del pKa del gelator, diminuendone la solubilità e favorendo la formazione di una rete tridimensionale.

Sono stati condotti test preliminari per valutare la capacità del sistema di aumentare la viscosità in presenza di diverse tipologie di tensioattivi anionici, a concentrazioni di interesse industriale (1% p/v gelator, 10% p/v tensioattivo), nei range di pH compatibili con formulazioni per la cura dei capelli (pH 5). Inoltre, sono stati effettuati ulteriori test, sempre utilizzando il gelator all'1% (p/v) utilizzando una combinazione di tensioattivo anionico (10%p/v) e anfotero (4,5% p/v), ottenendo anche in questo caso la formazione di gel, a dimostrazione della versatilità del sistema. I risultati ottenuti indicano che il sistema è in grado di modificare la reologia delle soluzioni detergenti, suggerendo un potenziale utilizzo come sostituto dei polimeri sintetici.

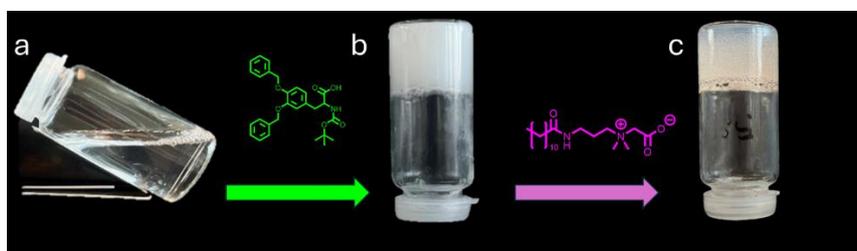


Figura 1: Aspetto del campione: a) soluzione di surfattante al 10% (p/v), b) soluzione di surfattante a cui è stato aggiunto 1% (p/v) di gelator, c) soluzione di tensioattivo anionico e anfotero (rispettivamente 10% e 4,5% (p/v) ,

Questo approccio, che sfrutta strutture peptidiche e autoassemblanti, si colloca nel contesto dell'uso innovativo dei peptidi in cosmetica e rappresenta un primo passo verso lo sviluppo di formulazioni maggiormente biodegradabili.

Riferimenti bibliografici:

1. Chinelli S, Cenciarelli F, Giuri D, Tomasini C. Application of a Dopa Derivative for the Formation of Gels in the Presence of Commercial Surfactants, *Gels*, 2025;11,320
2. Firipis K., Nisbet D.R., Franks S.J., Kapsa R.M.I., Pirogova E, Williams R.J.Quigley A. Enhancing Peptide Biomaterials for Biofabrication, *Polymers*, 2021, 13, 2590

L'analisi multivariata di spettri micro-IR come strumento per l'identificazione delle impronte spettrali della degradazione nelle microplastiche

Conterosito E.¹, Ferretti M.¹, Lo Scalzo M.¹, Roncoli M.¹, De Felice B.², Gazzotti S.³, Ortenzi M.A.³, Peiris C.⁴, Comaposada J.⁴, Marcos B.⁴, Parolini M.², V. Gianotti¹

(1) Dipartimento per lo Sviluppo Sostenibile e la Transizione Ecologica, Università del Piemonte Orientale, Piazza S. Eusebio 5, 13100 Vercelli, Italy eleonora.conterosito@uniupo.it

(2) Department of Environmental Science and Policy, University of Milan, Via Celoria 26, I-20133, Milan, Italy

(3) LaMPo, Department of Chemistry, Università degli Studi di Milano, via C. Golgi 19, 20133, Milan, Italy

(4) IRTA-Food Quality and Technology, Finca Camps i Armet, 17121 Monells, Girona, Spain

Keyword: spettroscopia micro-FTIR, analisi multivariata, identificazione microplastiche, degradazione.

Tipo di submission: Poster

Abstract: L'analisi spettroscopica IR è uno strumento molto utilizzato e valido per l'identificazione delle microplastiche (MP), tuttavia la ridotta dimensione delle particelle, la loro numerosità e la contaminazione ambientale rappresentano degli ostacoli significativi. Per superare queste criticità è necessario sviluppare metodi di caratterizzazione spettroscopica integrati a metodi di analisi multivariata con l'obiettivo di automatizzare la classificazione dei campioni.¹ In particolare, le tecniche IR più applicate all'analisi di microplastiche sono quelle ATR e in transflettanza che, concentrandosi sulla superficie del campione, risentono della contaminazione ambientale, data dal ricoprimento delle particelle da materiale estraneo come residui della matrice, biofilm, detriti o alghe, e richiedono quindi un pretrattamento chimico per eliminarla. Tuttavia, tali trattamenti possono indurre la degradazione delle microplastiche, alterandone la struttura chimica e di conseguenza lo spettro. Nel presente studio è stato indagato l'effetto di diversi metodi di pretrattamento (digestione acida in HNO₃, basica in KOH, e ossidativa in H₂O₂) su microplastiche di polipropilene (PP), polietilene a bassa densità (LDPE), polistirene (PS) e polietilene tereftalato (PET) e la possibilità di identificarle correttamente nonostante la degradazione. La frazione di dimensioni 0.5-1 mm è stata analizzata mediante spettroscopia ATR-IR mentre la frazione più fine, di dimensioni 0.1- 0.5mm è stata analizzata mediante micro-IR in riflettanza. L'analisi dei dati è stata condotta mediante analisi delle componenti principali (PCA), che ha permesso di separare le microplastiche in base al polimero e di evidenziare i fenomeni di degradazione chimica causati dai diversi tipi di pretrattamento. Infine, l'analisi degli spettri, supportata dai loadings della PCA ha permesso di indagare i meccanismi di degradazione associati a ciascun trattamento.

Riferimenti bibliografici:

1. Conterosito, E.; Roncoli, M.; Ivaldi, C.; Ferretti, M.; De Felice, B.; Parolini, M.; Gazzotti, S.; Ortenzi, M. A.; Gianotti, V. μ -FTIR Reflectance Spectroscopy Coupled with Multivariate Analysis: A Rapid and Robust Method for Identifying the Extent of Photodegradation on Microplastics. *Anal. Chem.* 2025; 97 (6); 3263–3273.

European Innovation Council's BioLaMer initiative – a flagship project to develop sustainable bioplastics and bioproducts

Shamraiz Ahmad¹, Floriana Coppola¹, Serena Righi^{1,2}

shamraiz.ahmad2@unibo.it, floriana.coppola2@unibo.it, serena.righi2@unibo.it

¹Interdepartmental Research Centre for Environmental Sciences, University of Bologna, Via S. Alberto, n. 163, 48123, Ravenna, Italy

²Department of Physics and Astronomy, University of Bologna, Viale Berti Pichat 6/2, 40127 Bologna, Italy

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract

Due to environmental impacts and socio-economic implications, the plastic industry faces increasing pressure. Bioplastics are gaining recognition as a sustainable replacement to fossil-based plastic. However, the current production of bioplastics faces significant challenges of high costs and environmental implications. The pioneering BioLaMer project [1], funded by the European Innovation Council, seeks to produce biopolymers and biopolymers-based products from food waste (FW). The project aims not only to develop novel biopolymers but also utilize FW as feedstock to lower production costs. BioLaMer explores a novel proof-of-concept biorefinery to tackle plastic pollution and the FW management challenge. This study provides an overview of the project.

As a first step in waste valorization, FW is used to cultivate black soldier fly (BSF) larvae, in a locally developed wood-based sustainable bioreactor. The recovered BSF larvae are processed and separated into BSF biomass (flesh) and shells. Through deproteinization and various other processes, BSF shells are converted into chitosan powder. This chitosan combined with other biopolymers are used to develop composite coating sheets. The BSF flesh serves as a feedstock for polyhydroxyalkanoates (PHAs) producing microorganisms. The PHA production is done through three different routes, depending upon feedstock types and microbial cultures, such as single or mixed culture.

For an early assessment and intervention, we briefly evaluate the progress of the project so far and potential environmental implications at various stages, by using life cycle inventory analysis and screening approach. We also discuss how a life cycle assessment (LCA) approach might help partners to find whether these novel biopolymers are sustainable options or not. Primary inventory data will be sourced from partners' labs and background information will be collected from secondary sources. The LCA for Experts software (GaBi) will model the system and Environmental Footprint (EF 3.1) will serve as an impact assessment method. The hotspot analysis will reveal critical processes or materials for the environment.

During the BSF larvae cultivation stage, the LCA team examines the early-stage impacts of alternative materials, energy consumption scenarios, etc. As an initial suggestion, the larvae cultivation reactor is recommended to be located close to the FW sources to minimize transportation and storage needs, along with proper management of process waste and effective control of odor. For biomass-shells separation and chitosan production, initial lab-scale screening and inventory analysis highlights that excessive use of process water, energy and chemicals - especially the acetone - could increase the environmental impacts. For coatings, we will evaluate which composite and process has lower impacts. For PHA, the LCA results will reveal which production route shows better environmental performance. Overall, the BioLaMer project will enhance understanding of environmental hotspots and critical impact categories to produce biopolymers from FW.

Keywords

Food waste; Black Soldier Fly; Polyhydroxyalkanoates production; Bioplastics; Life cycle assessment.

Acknowledgement: This research was funded by the European Commission under the Horizon Europe research and innovation programme, Grant Agreement n. 101099487, HORIZON-EIC-2022-PATHFINDEROPEN-01, HORIZON-EIC Grants, BioLaMer "Proof of principle fly larvae biorefinery for biopolymer plastic production". The opinions expressed, however, belong to the author(s) alone and do not necessarily reflect the views of the European Union. Neither the European Union nor the supplying authority can be held responsible.

Bibliographic references:

1. BioLaMer. 2023. Proof of principle fly larvae biorefinery for biopolymer plastic production, viewed 16 Apr 2025. <https://biolamer.eu/>

Distribuzione stagionale di microplastiche < 100 µm e particelle antropogeniche in acque naturali destinate alla potabilizzazione

Corami, F.^{1,2*}, Rosso, B.,^{1,2}, Alessandro Pozzobon³, Barbante, C.^{1,2}, Gambaro A.²

¹ Istituto di Scienze Polari, CNR-ISP, Campus Scientifico –Venezia-Mestre,

² DAIS, Campus Scientifico-Università Ca' Foscari, Venezia-Mestre,

³ Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV), Padova

Keyword: Fino ad un massimo di 5

Tipo di submission: Presentazione Orale / Poster

Abstract:

Le microplastiche, in particolare le particelle < 100 µm (SMPs), e altre particelle antropogeniche, come gli additivi plastici, sono state osservate in acque dolci e marine. Secondo l'*One Health Approach* e la recente decisione dell'UE per le acque destinate al consumo umano (Decisione Delegata (UE) 2024/1441 della Commissione)[1], è fondamentale indagare la presenza e le vie di trasporto e valutare il destino delle microplastiche nelle acque grezze da trattare negli impianti di trattamento delle acque potabili (DWTP) e destinate al consumo umano. Questo lavoro è stato supportato da ARPAV nell'ambito del Progetto BSL 6, finanziato dalla Regione Veneto. In accordo con l'Agenzia Regionale per l'Ambiente del Veneto (ARPA Veneto), è stato monitorato per un anno intero un canale artificiale che raccoglie e trasporta le acque del fiume Sile (CUAI), destinate al consumo umano, verso un DWTP situato a Ca' Solaro. L'acqua grezza è stata campionata mensilmente all'ingresso del DWTP utilizzando un campionatore in vetro personalizzato, pulito e decontaminato prima dell'uso. L'acqua raccolta è stata poi conservata in bottiglie di vetro ambrato decontaminate e trasportata al laboratorio dell'Istituto di Scienze Polari del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISP), dove è stata conservata a 4°C prima del pretrattamento e dell'analisi. È stato applicato un rigoroso QA/QC per ridurre al minimo la contaminazione da plastica in ogni fase. Tutte le operazioni sono state eseguite in una clean room ISO 7 e plastic-free.

L'oleoestrazione, precedentemente sviluppata presso i laboratori del CNR-ISP di Venezia [2] è stata utilizzata come metodo di pretrattamento. Gli oleoestratti sono stati poi filtrati su filtri di ossido di alluminio (0,2 µm, 47 mm); durante la filtrazione è stata eseguita una fase di purificazione per rimuovere tutti gli interferenti per l'analisi tramite spettroscopia vibrazionale (micro-FTIR iN10 Nicolet, Thermofisher). Sono state osservate differenze nell'abbondanza e nella distribuzione di polimeri plastici, additivi plastici e particelle antropogeniche. Sono stati identificati quasi 20 polimeri, tra cui il politetrafluoretilene (PTFE) e il polietilene ad alta densità (HDPE) come polimeri predominanti, con alcune eccezioni. Gli additivi plastici possono essere correlati alla presenza di particelle di plastica ed essere utilizzati come proxy dei polimeri plastici. La distribuzione dimensionale ha mostrato che le particelle erano concentrate nell'intervallo 20-50 µm di lunghezza per la maggior parte dei polimeri e dei componenti di microlitter osservati, anche se ci sono state alcune eccezioni, come le particelle di poliammide 6 (o nylon, PA 6). Questi dati sono fondamentali per lo sviluppo di azioni correttive e per la pianificazione di strategie di mitigazione dell'inquinamento da plastica.

Riferimenti bibliografici:

[1] Commission Delegated Decision (EU) 2024/1441, supplementing Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council by laying down a methodology to measure microplastics in water intended for human consumption

[2] Corami, F., Rosso, B., Morabito, E., Rensi, V., Gambaro, A., & Barbante, C. (2021). Small microplastics (< 100 µm), plasticizers and additives in seawater and sediments: Oleo-extraction, purification, quantification, and polymer characterization using Micro-FTIR. *Science of The Total Environment*, 797, 148937.

Messa a punto di un pretrattamento “mild”: oleoestrazione di microplastiche < 100 µm nel granchio blu, *Callinectes sapidus*

Giulia Bottin^{1,2}, Beatrice Rosso^{1,2}, Matteo Zucchetta^{1,2}, Pietro Franzoi¹, Andrea Gambaro², Luisa Patrolecco³, Francesca Spataro³, Fabiana Corami^{1,2}

¹ Istituto di Scienze Polari, CNR-ISP, Campus Scientifico –Venezia-Mestre,

² DAIS, Campus Scientifico-Università Ca' Foscari, Venezia-Mestre,

³ Istituto di Scienze Polari, CNR-ISP, A. R. Montelibretti (RM),

Keyword: microplastiche, *Callinectes sapidus*, small microplastics, oleoestrazione, MicroFTIR, particelle antropogeniche

Tipo di submission: Poster

Abstract:

Le specie alloctone ed invasive, come il granchio blu (*Callinectes sapidus*), originario delle coste atlantiche occidentali e ora presente in ambienti costieri come le lagune, possono essere particolarmente inclini a ingerire microplastiche e altre particelle antropogeniche (ad esempio fibre artificiali, additivi plastici) a causa delle loro abitudini alimentari predatorie e dello stile di vita bentonico in ambienti di transizione. In questo studio, è stato messo a punto un pretrattamento tramite oleoestrazione, precedentemente sviluppato dal CNR-ISP (1) e applicato a diverse matrici ambientali, al fine di analizzare le microplastiche < 100 µm presenti nei tessuti e negli organi di esemplari maschi e femmine di *Callinectes sapidus*. I granchi blu sono stati raccolti nella Laguna di Venezia nel 2024. Gli esemplari sono stati sezionati in un laboratorio per le matrici biologiche, al di sotto di una cappa a flusso laminare in acciaio. La messa a punto del pretrattamento tramite oleoestrazione ha invece avuto luogo in una clean room ISO 7, completamente *plastic free*. I tessuti studiati sono: polpa, tratto digestivo, gonadi e branchie.

I risultati preliminari hanno mostrato la presenza di alcuni polimeri plastici, come il polipropilene, ma anche la presenza di additivi plastici come il Retrocure G (additivo degli pneumatici) e di fibre artificiali (Rayon).. Le attività sperimentali rientrano nell'ambito del progetto PNRR spoke 1 Biodiversità.

Riferimenti bibliografici:

1. Corami, Fabiana, Beatrice Rosso, Elisa Morabito, Veronica Rensi, Andrea Gambaro, e Carlo Barbante. 2021. «Small Microplastics (<100 Mm), Plasticizers and Additives in Seawater and Sediments: Oleo-Extraction, Purification, Quantification, and Polymer Characterization Using Micro-FTIR». *Science of The Total Environment* 797 (novembre):148937. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148937>.

Confronto degli effetti sub-letali causati dall'esposizione a microfibre sintetiche e naturali in *Daphnia magna*

De Felice B.¹, Gazzotti S.², Ortenzi M.², Parolini M¹

¹ Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Via Celoria 26, I-20133 Milano, Italia

²Università degli Studi di Milano, Laboratorio di Materiali e Polimeri (LaMPo), Dipartimento di Chimica, Via Golgi 19, I-20133 Milano, Italia

Keyword: microfibre; poliestere; cotone; stress ossidativo;

Tipo di submission: Poster

Abstract: La contaminazione da microplastiche (MP) è ampiamente diffusa in tutti gli ecosistemi a livello globale. Tra le diverse tipologie di MP, le fibre, ed in particolare modo le microfibre, costituiscono la forma predominante rilevata in molteplici matrici ambientali. Nonostante l'interesse della comunità scientifica si sia focalizzato sulla presenza e distribuzione ambientale di microfibre di origine sintetica, numerosi studi hanno evidenziato come una larga parte di esse sia di origine naturale. Analogamente, sebbene la potenziale tossicità delle microfibre sintetiche sia stata indagata, ad oggi vi sono ancora poche informazioni sui potenziali effetti negativi indotti dall'esposizione a microfibre naturali. Le microfibre di origine naturale potrebbero infatti rappresentare una minaccia analoga alla loro controparte sintetica per gli organismi. Per questo motivo, questo studio ha indagato i potenziali effetti negativi indotti dall'esposizione a due concentrazioni (0,05 microfibre/mL e 0,1 microfibre/mL) di microfibre sintetiche (i.e., poliestere) e naturali (i.e., cotone) sul cladocero d'acqua dolce *Daphnia magna*. Le microfibre utilizzate per le esposizioni sono state ottenute attraverso il lavaggio di T-shirt in poliestere e in cotone. La scelta dei polimeri è ricaduta su questi due polimeri in quanto principali costituenti delle microfibre di origine sintetica e naturale, rispettivamente. Gli organismi sono stati esposti per 21 giorni ad entrambe le tipologie di microfibre, al seguito dei quali sono stati valutati gli effetti sub-letali, sia a livello sub-individuale che individuale. A livello sub-individuale, è stata utilizzata una batteria di *biomarker* di stress ossidativo volta a valutare l'attività dei principali enzimi antiossidanti (SOD, CAT, GPx) e detossificanti (GST), nonché la perossidazione lipidica (LPO). A livello individuale sono stati valutati gli effetti sulla crescita corporea e sul comportamento natatorio. I risultati hanno mostrato come l'esposizione a microfibre sintetiche abbia indotto una modulazione delle difese antiossidanti e del comportamento natatorio degli individui trattati rispetto al controllo. Al contrario, le microfibre di cotone hanno modulato solo lievemente l'attività degli enzimi antiossidanti. Questi risultati suggeriscono che l'esposizione a microfibre sia sintetiche sia naturali possa influenzare lo stato di salute di *D. magna*, con effetti lievemente più marcati indotti dalle microfibre sintetiche rispetto a quelle naturali.

Biotic and Abiotic degradation of rubber compound: establishing a baseline and assessing the changes on rubber surface and bulk

Alessia Dicesare ^{1,2} Daniela Bucchieri ^{1,2}, Marcella de Divitiis ^{1,2}, Immacolata Serra ¹, Paola Branduardi ¹

¹ Department of Biotechnology and Biosciences, University of Milano-Bicocca Piazza della Scienza 2, 20126, Milano, Italy

² Department of Material Science and Nanotechnology, University of Milano-Bicocca Via R. Cozzi 55, 20125, Milano, Italy

Keyword: elastomeri, TRWPs, foto-ossidazione, biodegradazione

Tipo di submission: Poster

Abstract: Tra i polimeri sintetici, le plastiche prevalgono rispetto ai materiali in gomma. Di conseguenza, sono stati compiuti numerosi sforzi per studiare e comprendere la degradazione delle plastiche, e sono stati elaborati standard internazionali per valutarne la degradazione e biodegradabilità. Al contrario, la nostra comprensione della degradazione dei polimeri elastomerici resta limitata. Recentemente, le Tyre and Road Wear Particles (TRWPs) hanno attirato l'attenzione. Esse sono prodotte dall'attrito tra pneumatici e superficie stradale durante la guida e sono costituite da materiali derivanti dal battistrada mescolati a materiali di origine stradale. La maggior parte delle TRWPs (66–76%) si deposita nel suolo, mentre una porzione minore (12–20%) viene rilasciata nelle acque superficiali.

Il battistrada degli pneumatici è tipicamente costituito da formulazioni complesse basate su polimeri elastomerici. Alcuni studi recenti hanno indagato sulla biodegradabilità di elastomeri puri. Questi hanno confermato una significativa biodegradabilità del NR (35% in un esperimento di 28 giorni), mentre gli elastomeri sintetici puri SBR e isoprene IR mostrano tassi di biodegradabilità trascurabili. Tuttavia, per quanto a nostra conoscenza, l'effetto sulle proprietà di surface e di bulk della degradazione abiotica e biotica su composti in gomma vulcanizzata, non è mai stato valutato in modo integrato.

Alla luce di questo contesto, presentiamo il piano sperimentale e l'approccio multidisciplinare disegnato per studiare la foto-degradazione di composti elastomerici vulcanizzati in forma di film, nonché la loro potenziale biodegradazione ad opera di microrganismi. Per quanto riguarda il contributo abiotico, è stato scelto di indurre un invecchiamento artificiale del materiale tramite foto-ossidazione, principale processo di invecchiamento delle TRWPs nell'ambiente. Per quanto riguarda il contributo biotico, sono stati prelevati campioni di suoli potenzialmente contaminati da residui di gomma ed utilizzate tecniche di arricchimento su elastomeri di interesse per aumentare la densità di popolazione di gruppi microbici in grado di crescere utilizzando come fonte di nutrimento i polimeri stessi. Questo studio pone le basi sperimentali, tecniche ed analitiche per i prossimi studi di caratterizzazione e, in un futuro, di progettazione che segua le direttive del Safe and Sustainable by Design.

Riferimenti bibliografici:

1. Long Chen, Ze Liu, Tianhuan Yang, Weijie Zhao, Youzhi Yao, Peng Liu, and Hanzhong Jia. Photoaged Tire Wear Particles Leading to the Oxidative Damage on Earthworms (*Eisenia fetida*) by Disrupting the Antioxidant Defense System: The Definitive Role of Environmental Free Radicals. *Environmental Science & Technology* 2024; 58 (10); 4500-4509.
2. Ann Flemming Nielsen, Fabio Polesel, Tiia Ahonen, Annemette Palmqvist, Anders Baun, Nanna B. Hartmann. Assessing the Biodegradability of Tire Tread Particles and influencing Factors. *Environmental Toxicology and Chemistry* 2023; 43; 31-41.
3. M. H. Hemmat-Jou, A. A. Safari-Sinegani, A. Mirzaie-Asl & A. Tahmourespour. Analysis of microbial communities in heavy metals-contaminated soils using the metagenomic approach. *Ecotoxicology* 2018; 27; 1281-1291.

ADDITIVI IN BIOPLASTICHE A BASE DI AMIDO: CARATTERIZZAZIONE, INVECCHIAMENTO E RILASCIO

Stefano Fava,^{1*} Serena Scala,² Paola Galletti,¹ Carola Eleonora Parolin,³ Chiara Samori,¹ Elena Fabbri.²

¹ Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Università di Bologna, Campus di Ravenna.

² Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Università di Bologna, Campus di Ravenna.

³ Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie, Università di Bologna.

*corresponding author: stefano.fava4@unibo.it

Keyword: bioplastiche, lisciviati, additivi, GC-MS

Tipo di submission: Poster

Abstract: Ad oggi, le bioplastiche sono considerate da molti come alternative sostenibili alle plastiche tradizionali; tuttavia, le conoscenze a riguardo della loro composizione chimica e dei potenziali impatti ambientali sono ancora limitate (Zimmermann et al., 2020). Questo studio ha previsto la caratterizzazione chimica degli additivi organici ed inorganici, mediante analisi non-target, in campioni di bioplastiche ad uso commerciale a base di amido. In particolare, sono stati presi in esame i sacchetti del supermercato costituiti da una miscela di amido (30%) e Polibutilene Adipato Tereftalato (PBAT, 65%). Tali sacchetti contengono i) sorbitolo (5%), utilizzato come plasticizzante per l'amido, ii) additivi organici aggiunti intenzionalmente durante le fasi di produzione dei biopolimeri al fine di migliorarne le proprietà fisico-meccaniche quali plasticizzanti, lubrificanti, ritardanti di fiamma e coloranti, iii) sostanze aggiunte non intenzionalmente (NIAS) e provenienti da reazioni di degradazione della matrice polimerica o generati come prodotti secondari durante i processi di polimerizzazione (Horodytska et al., 2020), e iv) additivi inorganici (2%). Le analisi sugli additivi organici, di tipo qualitativo, sono state condotte sui campioni attraverso gas cromatografia associata a spettrometria di massa (GC-MS) prima e dopo un processo di invecchiamento artificiale volto a riprodurre i processi di degradazione naturale, al fine di valutare l'impatto sulla composizione chimica del materiale e sugli additivi presenti. Successivamente i campioni sono stati posti in acqua, ed i lisciviati così prodotti sono stati analizzati. Confrontando i risultati delle analisi sui campioni tal quali e post-lisciviazione, è stato possibile osservare come, nel secondo caso, alcune classi di composti tendano a scomparire o ad essere presenti con abbondanze relative più basse rispetto a quelle riscontrate nei campioni pre-lisciviazione, lasciando presupporre un rilascio parziale o totale durante la fase di lisciviazione. Il sorbitolo, in particolare, risulta completamente migrato in acqua. Infine, i lisciviati ottenuti dai campioni, invecchiati e non, sono stati testati in esperimenti di crescita microbica con due batteri modello, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, al fine di valutare la potenziale tossicità degli additivi rilasciati ma anche il loro eventuale metabolismo da parte dei batteri saggiati. I risultati preliminari hanno mostrato che i lisciviati stimolano la crescita microbica e possono anche fungere da fonte di carbonio in un mezzo di coltura minimo. Le analisi hanno dimostrato che gli additivi rilasciati in soluzione non inibiscono la crescita dei microrganismi saggiati e che gli additivi organici possono essere utilizzati dai batteri come fonte di carbonio.

Riferimenti bibliografici:

Horodytska, O., Cabanes, A., & Fullana, A. (2020). Non-intentionally added substances (NIAS) in recycled plastics. *Chemosphere*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126373>.

Zimmermann, L., Dombrowski, A., Völker, C., & Wagner, M. (2020). Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition. *Environment International*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106066>.

Alterazioni Comportamentali indotte da Microplastiche di Particelle Pneumatiche in Popolazioni Gregarie del Suolo

Federico L.¹, Villa S.¹

¹ Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi Milano Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126, Milano, Italia

Keyword: particelle pneumatiche, isopodi terrestri, contaminazione dei suoli, test comportamentali, nuovo endpoint ecotossicologico

Tipo di submission: Poster

Abstract: Le particelle di pneumatici (TPs) sono una delle principali fonti di emissione di micro e nano-plastiche nei suoli. Nonostante ciò, la maggior parte degli studi sinora condotti ha indagato la tossicità del percolato su organismi acquatici, mentre rimangono ancora poco approfonditi gli effetti di tali particelle su organismi edafici. Al fine di colmare questa lacuna, il presente lavoro ha indagato gli effetti subletali indotti da micro TPs (< 180 μm) su popolazione di *Porcellionides pruinosus*. In particolare, un nuovo saggio ecotossicologico è stato condotto al fine di indagare effetti sui tratti comportamentali relativi alla struttura e alla dinamica della popolazione di isopodi terrestri esposti a diverse concentrazioni nominali di TPs. Congiuntamente alla valutazione delle risposte di evitamento già standardizzate, sono stati proposti e sviluppati due nuovi endpoint ecotossicologici subletali, relativi all'indice di disaggregazione (DI) e l'indice di disaggregazione in gruppi (DG), utili per valutare le alterazioni del comportamento gregario. Questi indici variano da 0 a 1, corrispondenti al massimo grado di aggregazione e disaggregazione, rispettivamente, ed un valore di 0.5 è stato imposto come soglia al di sopra per l'estrapolazione delle concentrazioni di effetto (EC_{50}) al quale il 50% della popolazione risulta frammentata. I risultati hanno evidenziato alterazioni sulla struttura e dinamica della popolazione di *P. pruinosus* a concentrazioni ambientali, corroborando le stime del rischio associate alla presenza di TPs nei suoli di parchi urbani, generate dal traffico veicolare e trasportate per deriva atmosferica. Questi risultati suggeriscono l'utilità degli isopodi terrestri nei test comportamentali per una rapida ed informativa valutazione della pericolosità ambientale di questi contaminanti fisici emergenti.

Inquinamento da plastiche in Antartide: fonti, distribuzione e impatti negli ecosistemi terrestri e marini

Emma Ferrari ¹, Silvia Simonetti ¹, Lisa Vaccari ², Giovanni Birarda ², Angelina Lo Giudice ³, Maria Papale ³, Elisa Bergami ⁴, Ilaria Corsi ¹

¹ Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente, Università di Siena, 53100 Siena, Italia.

² Elettra Sincrotrone Trieste, S.S. 14 - km 163.5, Basovizza, 34149, Italia.

³ Istituto di Scienze Polari, CNR, Spianata S. Raineri 86, Messina, 98122, Italia.

⁴ Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Modena, 41125, Italia.

Keyword: Antartide, Microfibre tessili, Microplastiche, Comunità del suolo, Acque reflue

Tipo di submission: Poster

Abstract: Sebbene lontano dalle principali fonti di contaminazione antropogenica, il continente Antartico ed i suoi mari sono sempre più soggetti all'inquinamento da plastica, trasportata sia da sorgenti remote tramite correnti atmosferiche e marine, sia da fonti locali legate alle basi di ricerca, alla pesca e al turismo. Due progetti finanziati dal Programma Nazionale di Ricerche in Antartide affrontano in maniera complementare la problematica della contaminazione da plastica in Antartide sia in ambienti terrestri privi di copertura glaciale che in ecosistemi marino-costieri, integrando approcci multidisciplinari e metodologie analitiche avanzate.

EXPLORA (EXplore PLastic pOllution in teRrestrial Antarctica) si propone di caratterizzare la distribuzione e la tipologia dei detriti plastici (macro-, meso- e microplastiche) in due aree ecologicamente distinte e soggette a diverse pressioni antropogeniche: le isole Shetland Meridionali (Isola di King George, Penisola Antartica, 62°S) e il continente (Terra Vittoria, Antartide Orientale, 78°S). Il progetto prevede l'analisi della trasformazione fisico-chimica dei polimeri, l'interazione con comunità microbiche (plastisfera) e l'ingestione da parte della mesofauna edafica, in particolare microartropodi, mediante tecniche spettroscopiche e di imaging ad alta risoluzione. L'obiettivo è comprendere le potenziali alterazioni delle funzioni ecosistemiche del suolo antartico indotte dalla contaminazione plastica.

TIPTOE (Tracking microfiber Pollution and impact on Antarctic cOastal watErs), focalizzato sugli ambienti marino-costieri in prossimità delle stazioni scientifiche, indaga l'origine, la presenza e il rischio associato alle microfibre, derivanti principalmente dal lavaggio di vestiti, veicolate attraverso le acque reflue. Le analisi comprendono la caratterizzazione morfologica e polimerica delle microfibre, la valutazione della loro capacità di veicolare contaminanti chimici (additivi persistenti) e agenti patogeni, inclusi geni di resistenza antibiotica, e l'efficienza degli impianti di trattamento delle acque reflue nel loro contenimento. Il progetto mira a fornire dati cruciali per l'elaborazione di protocolli di mitigazione e buone pratiche gestionali nei contesti operativi antartici.

L'integrazione dei risultati ottenuti dai progetti EXPLORA e TIPTOE consentirà di delineare un quadro esaustivo della pressione antropica associata alla contaminazione da plastica negli ecosistemi antartici, contribuendo al monitoraggio ambientale e allo sviluppo di strategie "evidence-based" per la protezione di un'area considerata sentinella dei cambiamenti globali.

Manta River Project 2- Studio per la valutazione dei quantitativi di microplastiche presenti nel fiume Po.

Elena Barbieri¹, Irene Ingrando¹, Cristina Mazziotti², Fernanda Moroni¹, Silvia Serranti³

¹ ADBPO - Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po, Parma, Italia

² ARPAE - Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna, Struttura, Oceanografica Daphne, Cesenatico (FC) Italia

³ Dipartimento di Ingegneria Chimica, materiali e Ambiente, Sapienza Università di Roma, Roma, Italia

Keyword: microplastiche, fiume Po, monitoraggio ambientale, plastic litter, analisi di immagine iperspettrale (HSI)

Tipo di submission: Poster

Abstract:

Il monitoraggio dell'inquinamento da microplastiche (MP) negli ecosistemi di acqua dolce è essenziale per comprendere, gestire, mitigare gli impatti antropici sull'ambiente¹. A differenza degli ambienti marini, dove sono disponibili linee guida condivise, nei corsi d'acqua dolce l'assenza di riferimenti normativi per la ricerca e l'analisi di questi microinquinanti rende più complessa l'attività di campionamento, quantificazione e classificazione. Il presente studio descrive i risultati del *Manta River Project 2*, che ha previsto una campagna di monitoraggio lungo il fiume Po da maggio 2022 ad aprile 2023, con campionamenti mensili in sei stazioni. Le MP, raccolte tramite rete *manta* (330 µm - 5 mm), sono state analizzate per abbondanza, morfologia, colore e composizione polimerica. Per garantire un approccio metodologico solido, che consentisse di valutare gli apporti del fiume Po al mare Adriatico, è stato adottato il protocollo della *Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino* (2008/56/CE), adattato al contesto fluviale.

Le concentrazioni di MP rilevate variano tra 0,03 e 12,7 particelle/m³, con marcate variazioni spazio-temporali (fig.1). L'analisi morfologica delle stesse ha evidenziato che i frammenti costituiscono la categoria più abbondante (56%), seguiti da foam (24%), pellet e fogli (7% ciascuno), granuli (6%), filamenti (1%). Si evidenzia la netta predominanza di MP di origine secondaria (frammenti, foam, fogli e granuli), indicando che la degradazione di rifiuti plastici più grandi, probabilmente di origine terrestre (es. discariche o rifiuti abbandonati), rappresenta la principale causa di contaminazione (fig 2). L'analisi cromatica ha mostrato una predominanza di MP bianche (33–70%), seguite da nero, verde, blu e rosso, con distribuzione variabile tra le stazioni.

La caratterizzazione polimerica è stata effettuata mediante HSI (operante nell'intervallo SWIR, 1000–2500 nm), tecnica analitica accurata e non distruttiva che combina i vantaggi della spettroscopia con quelli dell'imaging digitale. I risultati hanno evidenziato una netta predominanza di PE, 45%, seguito da PP, 29% e EPS, 22%. Il restante 4% include PS, PA, PET e PVC. La distribuzione dei polimeri varia tra le stazioni, riflettendo potenziali differenze nelle fonti locali di contaminazione (fig 3). I polimeri prevalenti PE, PP, EPS sono ampiamente utilizzati in imballaggi e prodotti monouso e rappresentano oltre il 50% della domanda europea di plastica³.

La metodologia HSI ha permesso un'identificazione efficace dei polimeri, con risultati coerenti rispetto a quelli ottenuti con FT-IR e micro-FT-IR. La discrepanza tra le tre tecniche è risultata inferiore all'1%, mentre il tempo di analisi si è ridotto drasticamente: l'identificazione di 100 particelle con HSI richiede circa 8 minuti, con un risparmio di tempo superiore al 97% rispetto alle altre due tecniche utilizzate.

I dati raccolti offrono un quadro conoscitivo preliminare sull'apporto di MP dal fiume Po al mare Adriatico, evidenziando la necessità di strategie di prevenzione basate su un approccio integrato al monitoraggio ambientale.

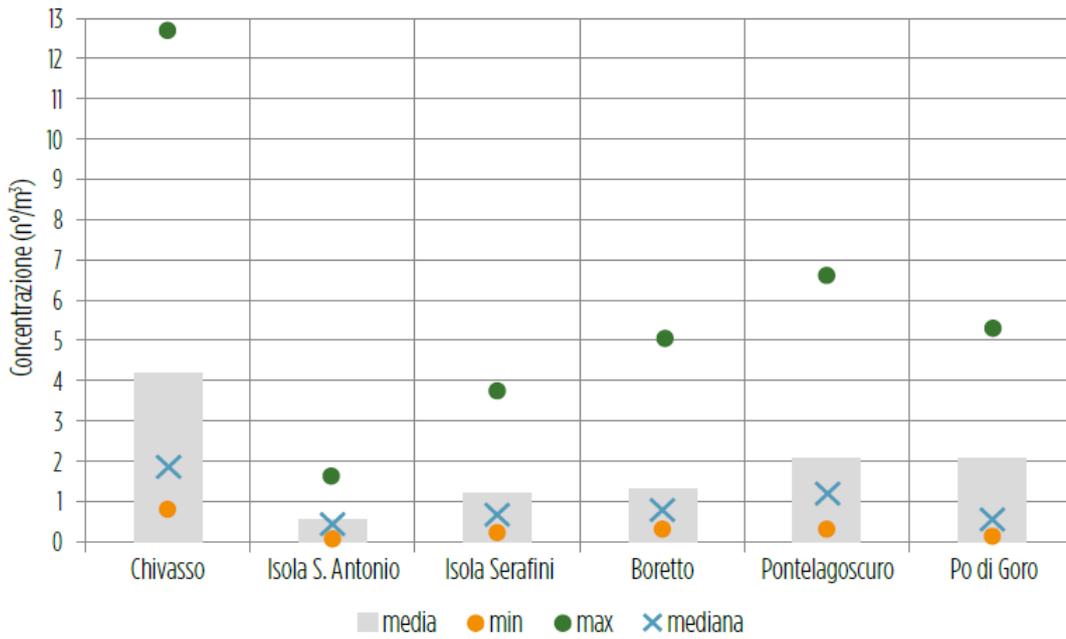


Figura 1 Concentrazione (media, minima, massima, mediana) delle microplastiche espressa in n°/m³ nelle sei stazioni nei 12 mesi di campionamento

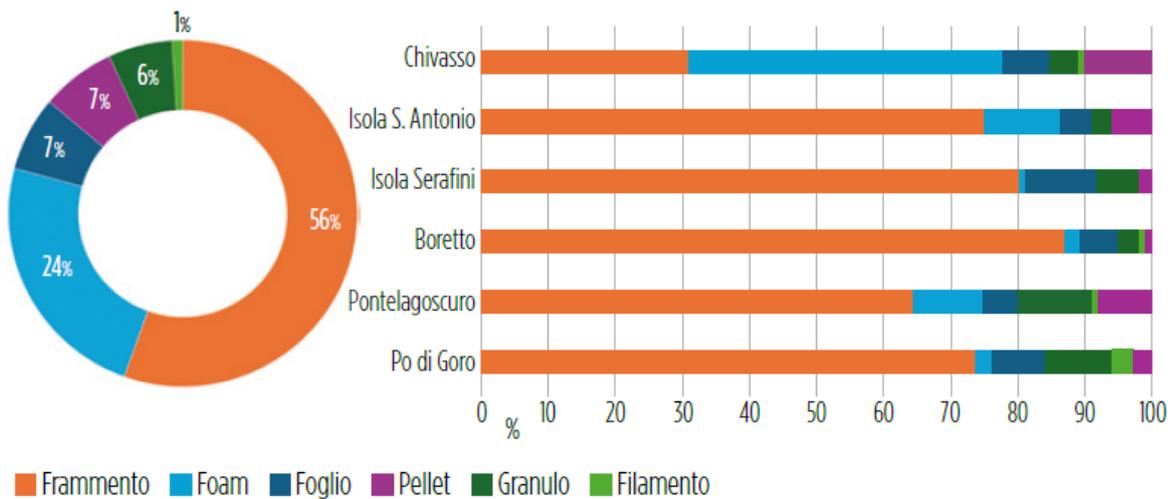


Figura 2 Distribuzione percentuale delle categorie di microplastiche nel fiume Po e nelle stazioni indagate

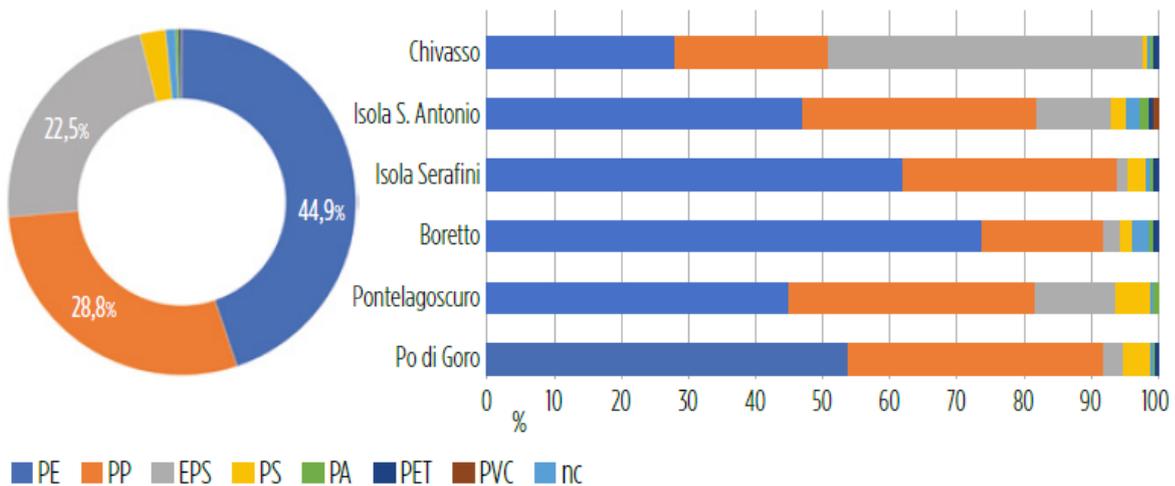


Figura 2 Distribuzione percentuale delle tipologie di polimero rilevate mediante analisi HSI nel fiume Po e nelle stazioni indagate.

Riferimenti bibliografici:

1. Guo, Mingqi; Noori, Roohollah; Abolfathi, Soroush. Microplastics in freshwater systems: Dynamic behaviour and transport processes. *Resources, Conservation and Recycling*, 2024, 205: 107578.
2. Fiore, Ludovica., Serranti, Silvia., Mazziotti, Cristina., Riccardi, Elena., Benzi, Margherita, Bonifazi, Giuseppe. Classification and distribution of freshwater microplastics along the Italian Po river by hyperspectral imaging. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022; 29; 48588-48606.
3. Plastics Europe (2020) *Plastics – THE FACTS 2020*. An analysis of European plastics production, demand and waste data. <https://www.plasticseurope.org/it/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>.

Catalizzatori omogenei di Rutenio per la sintesi del 2,5-Diformilfurano e poliimmine da HMF

Lenzi C,^{1,3} Piazzini A,^{1,3} Onofri M,¹ Gasparini F,¹ Tabanelli T,^{1,3} Cavani F,^{1,3} Vannini M,² Zamboni E,² Celli A.

² Benelli T.,¹ Mazzoni R,¹

¹Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari", Università di Bologna, Bologna, Italia; ²Dipartimento di Ingegneria Civile Chimica Ambientale e dei Materiali – DICAM, Università di Bologna, Bologna, Italia;

³Center for Chemical Catalysis (C3), Università di Bologna, Bologna, Italia

Keyword: HMF, DFF, catalisi omogenea, ossidazione, poliimmine

Tipo di submission: Poster

Abstract:

La transizione verso risorse rinnovabili, in particolare biomasse, è fondamentale per ridurre l'impatto ambientale della produzione energetica e dei prodotti derivati da fonti fossili. Una molecola promettente in questo contesto è il 5-idrossimetilfurfurale (HMF, Figura 1), derivabile da biomasse lignocellulosiche.¹ Tra i derivati dell'HMF, il 2,5-diformilfurano (DFF) è particolarmente interessante. Questo prodotto bio-based è utile, infatti, per la produzione di chemicals con funzionalità furaniche e materiali funzionali, come sostanze fluorescenti, surfattanti e bio-polimeri.

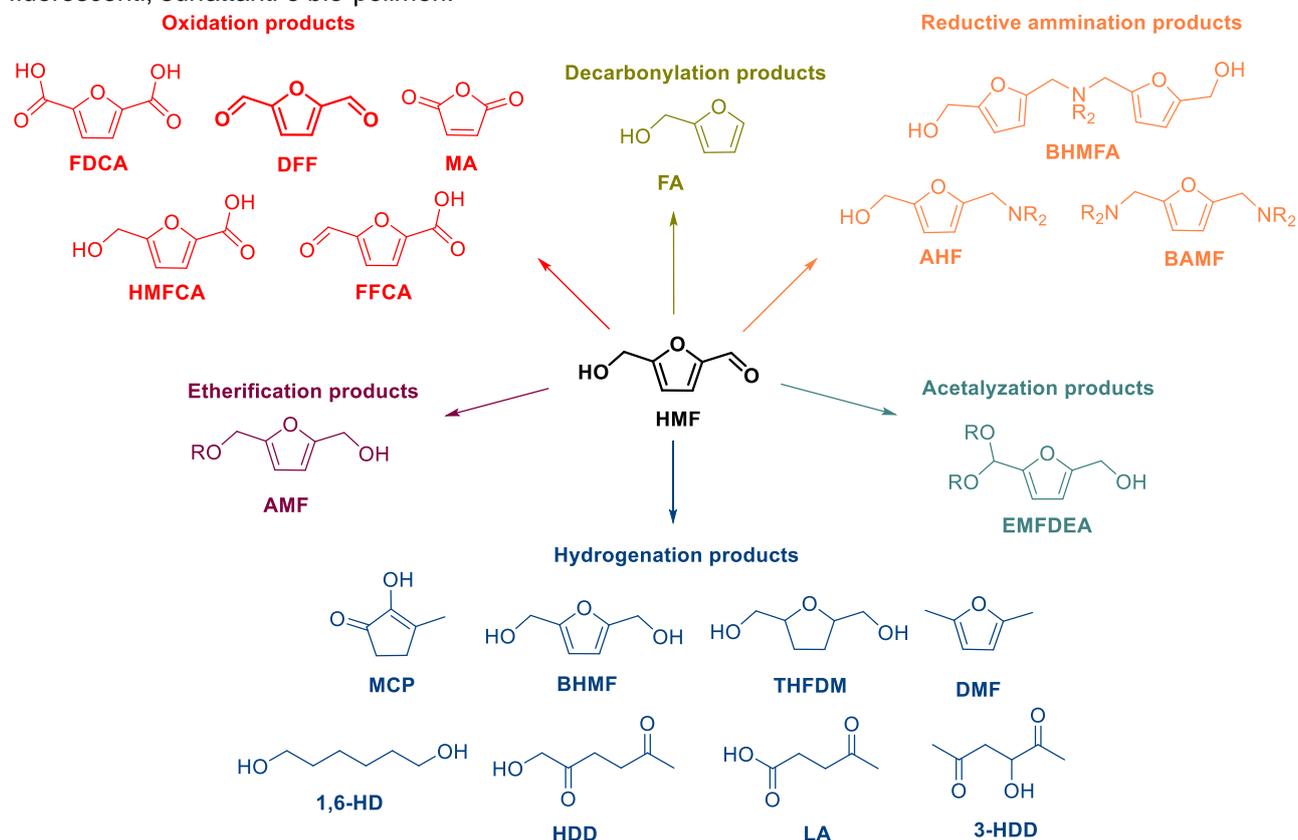


Figura 1: Prodotti bio-based ottenibili dall'HMF

Il lavoro si concentra sulla sintesi del DFF utilizzando catalizzatori omogenei a base di rutenio, affrontando la sfida di evitare reazioni indesiderate come sovraossidazione, decarbonilazione e polimerizzazioni incrociate. Diversi cicli catalitici con complessi organometallici di Rutenio, tra cui il dimero di Shvo, sono stati testati, usando chinoni come accettori di idrogeno e Co-salen come mediatore di trasferimento elettronico. Lo studio ha permesso di valutare le condizioni migliori di reazione al variare della temperatura, tempo di reazione, carico catalitico e tipo di chinone.

Il DFF è stato, poi, utilizzato come monomero per la sintesi di poliimmine tramite reazioni di policondensazione con etilendiammina e p-fenildiammina (Figura 2).² Le analisi FT-IR, TGA e DSC hanno confermato la formazione di legami imminici e catene oligomeriche, sebbene con proprietà termiche inferiori rispetto alle

poliimine tradizionali. La diversa attività catalitica dei complessi di Rutenio ha portato alla proposta di un ciclo catalitico biomimetico efficiente. Le future attività di ricerca si concentreranno sull'ottimizzazione delle condizioni di polimerizzazione per ottenere poliimine furaniche con buone proprietà meccaniche.

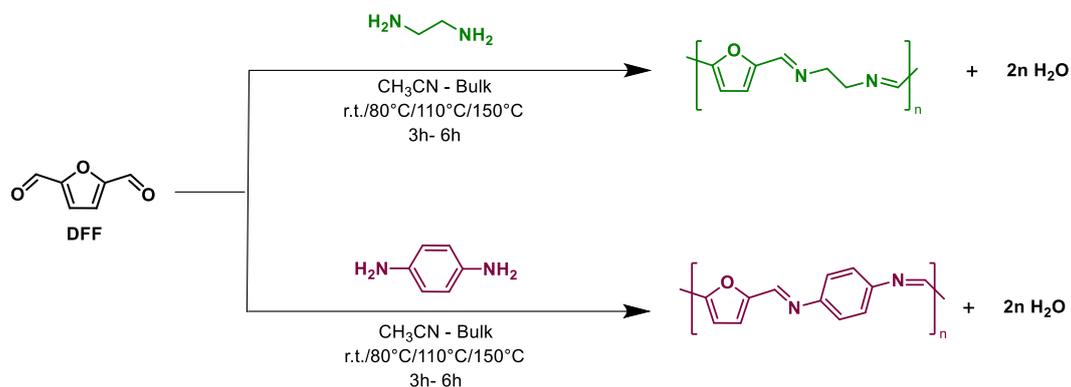


Figura 2: Sintesi delle poliimine ottenute facendo reagire il DFF con etilendiammina (in verde) e con p-fenildiammina (in magenta)

Riferimenti bibliografici:

1. Alessandro Messori, Andrea Fasolini, Rita Mazzoni. Advances in Catalytic Routes for the Homogeneous Green Conversion of the Bio-Based Platform 5-Hydroxymethylfurfural. *ChemSusChem*, **15**, e202200228 (2022).
2. Zuen Hui, Alessandro Gandini. Polymeric Schiff Bases bearing furan moieties. *Eur. Polym.*, **28**, 1461-1469 (1992).

Authors wish to acknowledge PRIN 2022 "Biomass-derived alcohols and polyols valorization and use by dehydrogenation/hydrogenation reactions promoted by bifunctional, proton-responsive homogeneous catalysts (ALCOVAL)" CUP J53D23008500006 for financial support.

Valutazione del rischio ecologico delle microplastiche da Plasmix: effetti su organismi acquatici e del suolo

Lo Scalzo M.¹, Parolini M.², De Felice B.², Gazzotti S.³, Ferretti M.¹, Conterosito E.¹, Roncoli M.¹, Ortenzi M.A.³, Gianotti V.¹

¹ Dipartimento per lo Sviluppo Sostenibile e la Transizione Ecologica, Università del Piemonte Orientale, Piazza S. Eusebio 5, 13100 Vercelli, Italia

² Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Università di Milano, via Celoria 26, 20133 Milano, Italia

³ LaMPo, Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano, via C. Golgi 19, 20133, Milano, Italia

Keyword: microplastiche, plasmix, tracciamento contaminanti GC-MS, sicurezza ecologica.

Tipo di submission: Poster

Abstract: Il riciclo dei rifiuti plastici rappresenta una strategia promettente per contrastare l'inquinamento ambientale; tuttavia, solo una limitata varietà di polimeri può essere riciclata in modo efficiente. In Italia, la frazione residuale eterogenea dei rifiuti plastici, nota come "Plasmix", viene generalmente destinata a impieghi a basso valore aggiunto. Sebbene il Plasmix sia tecnicamente riciclabile tramite processi meccanici, è cruciale valutarne la sicurezza ecologica, con particolare attenzione al potenziale rilascio di microplastiche. Nel presente studio sono stati caratterizzati due tipi di microplastiche ottenute da Plasmix: una priva di additivi (Px) e una con additivo compatibilizzante (APx). Gli effetti ecotossicologici di tali microplastiche sono stati valutati su due specie modello: *Eisenia foetida*¹ e *Daphnia magna*². I test condotti su *E. foetida* non hanno evidenziato alterazioni significative nella crescita o nella sopravvivenza in seguito all'esposizione alle microplastiche Px (Px-MPs). Al contrario, l'esposizione di *D. magna* ha indotto un incremento dello stress ossidativo e una riduzione della capacità riproduttiva. Per valutare se gli effetti osservati fossero riconducibili al rilascio di additivi o contaminanti da parte delle microplastiche, sono stati applicati due differenti pretrattamenti finalizzati all'analisi mediante GC-MS. Per simulare l'esposizione terrestre di *E. foetida*, le microplastiche sono state sottoposte a trattamento in spazio di testa (HS), tecnica che consente la separazione dei composti volatili dalla matrice solida; il campione gassoso così ottenuto è stato analizzato tramite GC-MS (HS-GC-MS). Per *D. magna*, il contatto con le microplastiche è avvenuto in acqua, ambiente rappresentativo della sua esposizione naturale, i campioni acquosi ottenuti sono stati sottoposti ad estrazione liquido-liquido con diclorometano seguita da analisi GC-MS. Le analisi HS-GC-MS hanno mostrato che i Px-MPs rilasciano concentrazioni più elevate di composti organici volatili rispetto agli APx-MPs, inclusi aldeidi, acidi carbossilici e composti aromatici. Inoltre, anche l'estrazione in acqua ha rivelato un maggiore rilascio di contaminanti dai Px-MPs. Tali evidenze indicano che le microplastiche ottenute da materiali plastici riciclati possono esercitare effetti biologici avversi sugli organismi, sottolineando l'importanza di una caratterizzazione chimica approfondita per una corretta valutazione del rischio ambientale associato al loro impiego.

Riferimenti bibliografici:

1. De Felice, B.; Gazzotti, S.; Roncoli, M.; Conterosito, E.; Gianotti, V.; Ortenzi, M. A.; Parolini, M. Exposure to Microplastics Made of Plasmix-Based Materials at Low Amounts Did Not Induce Adverse Effects on the Earthworm *Eisenia Foetida*. *Toxics* **2024**, *12* (4), 300.
2. Parolini, M.; De Felice, B.; Gazzotti, S.; Roncoli, M.; Conterosito, E.; Ferretti, M.; Ortenzi, M. A.; Gianotti, V. Microplastics Originated from Plasmix-Based Materials Caused Biochemical and Behavioral Adverse Effects on *Daphnia Magna*. *Environ. Pollut.* **2024**, *363*.

Reactive oxygen species production in H295R cells exposed to plastic additives of different female hygiene products

Perrello Amoros M.¹, Luccarini C.², Cioni L.¹, Eljarrat E.¹, Porte C.¹

¹Environmental Chemistry Department, IDAEA-CSIC, C/ Jordi Girona, 18-26, 08034, Barcelona, Spain.

²Dipart. di Science Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Campus di Ravenna, Via Sant'Alberto 163, Italia.

Keyword: Female hygiene products; H295R; reactive oxygen species

Tipo di submission: Poster

Abstract:

Female hygiene products (FHP) have evolved and diversified in recent years, to promote women comfort and to minimize waste production. Although these products are guaranteed to be safe for health, they might contain additives with potential toxic effect such as plasticizers and perfumes [1,2] and information about their chemical composition is limited to a minority of commercial FHP.

Reactive oxygen species (ROS) production can help understanding how cells respond to oxidative stress, which can be induced by various factors, such as exposure to toxicants. ROS are highly reactive molecules that can damage various cellular components: ROS accumulation is closely linked to protein oxidation, lipid peroxidation, and DNA mutations; they can also induce the cellular activation of antioxidant enzymes, such as superoxide dismutase and catalase, which neutralize ROS.

The human adenocarcinoma cell line H295R is a widely used model for studying the human adrenal steroidogenic pathway at the level of hormone production and gene expression, as it expresses genes that encode for all the key enzymes for steroidogenesis [3].

The aim of the study was the evaluation of the ROS induction after exposing H295R cells to the extracts of selected FHP (pads, tampons, panty liners, reusable menstrual panties, menstrual cups, reusable pads) and to selected plastic additives with potential endocrine-disrupting effects as acetyl tributyl citrate (ATBC), tributyl phosphate (TBP), bisphenol A bis(3-chloro-2-hydroxypropyl) ether (BADGE-2HCl), bis (2-Ethylhexyl) phthalate (DEHP), dibutyl phthalate (DBP), and fragrances (galaxolide, celestolide, musk ketone).

Preliminary tests of cell viability were conducted to select the concentration of the chemicals to use for the ROS generation assay experiments: additives were tested in a concentration range between 1 μ M and 100 μ M, while for FHP methanol extracts, dried and resuspended in DMSO, an equivalent of 2.5 mg of plastic for mL of culture medium was chosen. SIN-1 (3-Morpholinolinosydnonimine) was chosen as the positive control, widely used as an inducer of oxidative stress.

All the samples showed a weak induction of ROS compared to the control: no significant difference was found after statistical test ANOVA, except for 60 μ M celestolide after 15 minutes of exposure. However, some considerations can be drawn for the cells exposed to fragrances and BADGE-2HCl that show a decrease in ROS production over the 2 hours test and this may indicate either a good recovery capacity from oxidative stress or, more likely, gradual necrosis, particularly at the higher concentrations that the viability test showed to be cytotoxic for the cells. Some FHP samples showed no lowering of ROS, meaning that ROS generation was maintained over time and antioxidant defenses did not reduce it.

These tests should be integrated with the chemical characterization of the FHP and with other assays to further understand the effects at the level of endocrine disruption and alterations in gene expression.

Riferimenti bibliografici:

1. Marroquin J, Kiomourtzoglou MA, Scranton A, Pollack AZ. Chemicals in menstrual products: A systematic review. *BJOG*. 2024 Apr;131(5):655-664. DOI: 10.1111/1471-0528.17668
2. Zhou Y, Lin X, Xing Y, Zhang X, Lee HK, Huang Z. Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Personal Hygiene Products: The Implications for Human Exposure and Emission to the Environment. *Environ Sci Technol*. 2023 Jun 13;57(23):8484-8495. doi: 10.1021/acs.est.2c08912
3. Hana Duranova, Veronika Fialkova, Veronika Valkova, Jana Bilcikova, Lucia Olexikova, Norbert Lukac, Peter Massanyi, Zuzana Knazicka, Human adrenocortical carcinoma cell line (NCI-H295R): An in vitro screening model for the assessment of endocrine disruptors' actions on steroidogenesis with an emphasis on cell ultrastructural features, *Acta Histochemica*, Volume 124, Issue 5, 2022, 151912, ISSN 0065-1281, <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2022.151912>.

BIOPLACE: l'impatto delle plastiche biodegradabili negli ambienti d'acqua dolce

Chiara Magnabosco (1,2) *, Matteo Saffioti (3), Monica Passananti (3,4), Roberta Piscia (1), Silvia Galafassi (1,5), Serena Zaccara (2)

(1) Centro Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA-CNR), Via Tonolli 50, 28922, Verbania-Pallanza, Italy

(2) Università degli Studi dell'Insubria, Via Valleggio 11, 21100, Como, Italy

(3) Università degli Studi di Torino, Via Pietro Giuria 5, 10125, Torino, Italy

(4) University of Helsinki, INAR, 00014, Helsinki, Finland

(5) NBFC, National Biodiversity Future Center, Palermo, 90133, Italy

Keyword: plastiche biodegradabili, degradazione, test di tossicità, microalghe, zooplancton

Tipo di submission: Poster

Abstract:

Per ridurre gli impatti ecologici dell'inquinamento da plastica, le plastiche biodegradabili (BDP) si stanno diffondendo sempre più come materiale alternativo (1,2). Nell'ambiente, le BDP vengono degradate da fattori abiotici e biotici, con conseguente rilascio di prodotti di degradazione (DP), tra cui microplastiche, additivi e oligolimeri potenzialmente tossici (1,3). Il progetto "BIOPLACE" studia l'impatto di queste plastiche e dei loro prodotti di degradazione negli ambienti d'acqua dolce. Attraverso esperimenti di degradazione abiotica, (esposizione a luce UV per due settimane con controllo mantenuto al buio), vengono analizzati i prodotti di degradazione delle BDP (BDP-DP). Per comprendere i diversi fattori che influenzano il processo di degradazione, il trattamento viene effettuato sia in acqua ultrapura, per analizzare esclusivamente il rilascio chimico, sia in campioni d'acqua prelevati da diversi ambienti d'acqua dolce, al fine di valutare le interazioni con i componenti biologici e chimici presenti negli ecosistemi acquatici.

I BDP-DP così ottenuti vengono utilizzati per effettuare test di tossicità sia su organismi modello, per confrontare i possibili effetti avversi con i contaminanti tradizionali, sia su specie potenzialmente più sensibili presenti negli ambienti d'acqua dolce. Le specie target includono microalghe e zooplancton, i quali svolgono ruoli fondamentali negli ecosistemi acquatici. I primi risultati preliminari riguardano le prove di degradazione abiotica eseguite in acqua ultrapura con le plastiche acido polilattico (PLA), policaprolattone (PCL) e polibutilene adipato tereftalato (PBAT) e i relativi test ecotossicologici acuti con i BDP-DP in specie acquatiche sensibili, quali la microalga *Chlorella vulgaris* e il cladocero *Daphnia obtusa*. Gli endpoint considerati riguardano l'inibizione della crescita algale per *C. vulgaris* e l'immobilizzazione e la mortalità di neonati con meno di 24 ore nel caso di *D. obtusa*. I principali DP identificati sono stati acidi carbossilici a catena corta, alcuni monomeri dei polimeri e altri composti organici probabilmente usati durante il processo di sintesi. Il polimero che ha mostrato maggior rilascio di prodotti di degradazione è rappresentato dal PCL, seguito dal PBAT e dal PLA. In particolare, nel trattamento con luce UV del PCL è stato rilevato un maggior contenuto di carbonio organico, rispetto al controllo al buio. La crescita di *C. vulgaris* risulta maggiore in tutti i campioni con BDP-DP, rispetto al controllo in solo terreno di coltura. Al contrario, i test di tossicità su *D. obtusa* hanno evidenziato come i campioni esposti alla luce siano più tossici rispetto a quelli esposti al buio. Questi risultati preliminari evidenziano come i BDP-DP, rilasciati anche solo dopo poche settimane di degradazione abiotica, possano interferire in modo differente con due specie appartenenti a due livelli trofici diversi. Le prove successive saranno eseguite con i medesimi materiali trattati in acqua di lago e verranno utilizzate specie modello quali *Pseudokichneriella subcapitata* e *Daphnia magna* per testare l'effetto dei BDP-DP generati.

Riferimenti bibliografici:

1. X. Yan, Q. Chen, Z. Zhang, Y. Fu, Z. Huo, Y. Wu, H. Shi (2023). Chemical features and biological effects of degradation products of biodegradable plastics in simulated small waterbody environment. *Science of The Total Environment*, 904, 166829.
2. M. Capolupo, A. Rafiq, I. Coralli, T. Alessandro, P. Valbonesi, D. Fabbri, E. Fabbri (2023). Bioplastic leachates characterization and impacts on early larval stages and adult mussel cellular, biochemical and physiological responses. *Environmental Pollution*, 319, 120951.
3. T. Ahmed, M. Shahid, F. Azeem, I. Rasul, A. A. Shah, M. Noman, A. Hameed, N. Manzoor, I. Manzoor (2018). Biodegradation of plastics: current scenario and future prospects for environmental safety. *Environmental science and pollution research*, 25:7287-7298.

Gli pneumatici come fonte di (micro)plastiche: aspetti ecotossicologici di particelle originate su differenti tipologie di asfalto

Stefano Magni¹, Lara Nigro¹, Lucia Mastacchini², Daniela Maggioni³, Camilla Della Torre¹, Andrea Binelli¹

¹Dipartimento di Bioscienze, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 26, 20133 Milano, Italia

²Waste and Chemicals srl, Circonvallazione Gianicolense, 216E, 00152 Roma, Italia

³Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano, Via Golgi 19, 20133 Milano, Italia

Keyword: (micro)plastiche, pneumatici, tossicità, acque dolci

Tipo di submission: Poster

Abstract: Gli pneumatici sono un'importante fonte di (micro)plastiche verso l'ambiente terrestre e acquatico. In particolare, l'abrasione del pneumatico su strada produce le cosiddette *Tire Road Wear Particle* (TRWP), i cui potenziali effetti avversi sugli ecosistemi sono tutt'oggi oggetto di studio. In questo contesto, uno degli scopi del progetto di ricerca *Rubberfree* è quello di investigare la tossicità di questi inquinanti su *Danio rerio* (*zebrafish*), un eccellente organismo modello utilizzato in studi di ecotossicologia acquatica. Le TRWP sono state raccolte su differenti tipologie di asfalto (standard e gommato) per osservare eventuali modulazioni nei meccanismi di tossicità di queste particelle sulla base della composizione del substrato abrasivo. I campionamenti sono quindi stati effettuati tramite appositi aspiratori in differenti tratti della statale 73 Senese Aretina (SS73) che rappresenta una delle poche strade italiane in cui sono presenti più pavimentazioni coeve stese sia con asfalto standard che gommato, nel quale vengono inserite particelle di Pneumatici Fuori Uso (PFU) per ridurre il rumore del traffico. Le particelle raccolte sono state preliminarmente sottoposte a grigliatura su una batteria di setacci in acciaio per rimuovere i contaminanti più grossolani (5, 4 e 1 mm) e caratterizzate tramite *Scanning Electron Microscopy* accoppiato a *Energy Dispersive x-ray Spectroscopy* (EDS). Per la valutazione degli effetti, sono state preparate delle sospensioni acquose mantenendo in agitazione le particelle per 72 h a cui sono seguite 48 h di sedimentazione, come effettuato in studi pregressi su particelle di PFU (Magni et al., 2024). Tali sospensioni sono state analizzate tramite *Dynamic Light Scattering* (DLS) per misurare la presenza e la dimensione delle particelle eventualmente presenti nel mezzo acquoso. Gli organismi sono stati esposti dalle 0 alle 120 ore dopo la fecondazione (hpf) a 10 e 100 µg/L delle sospensioni di TRWP. Al termine dell'esposizione gli effetti sono stati investigati tramite un'ampia batteria di *biomarker* di stress cellulare, danno ossidativo, neuro-genotossicità e alterazioni del battito cardiaco e comportamentali. Le analisi tramite *biomarker* hanno evidenziato alterazioni significative in alcuni parametri natatori delle larve esposte alla concentrazione più alta di TRWP, nonché un'inibizione significativa dell'attività di enzimi detossificanti (etossiresorufina O-dietilasi; EROD) e neuroenzimi (monoamminoossidasi - MAO e acetilcolinaesterasi - AChE). Parallelamente ai risultati preliminari descritti, ulteriori analisi sono in corso per meglio identificare il meccanismo d'azione di questi inquinanti e, tra queste, verranno applicate tecniche di proteomica gel free, trascrittomica (*Next Generation Sequencing* - NGS) e metabolomica.

Riferimenti bibliografici:

1. Magni S., Sbarberi R., Dolfini D., Nigro L., Binelli, A. Behind conventional (micro) plastics: An ecotoxicological characterization of aqueous suspensions from End-of-Life Tire particles. *Aquatic Toxicology*, 2024; 273, 107032.

Life Cycle Assessment dell'impianto FIB3R per il riciclo delle fibre di carbonio

Samuel Martinini¹, Francesco Arfelli¹, Luca Ciacci¹, Daniele Cespi¹, Laura Mazzocchetti¹, Fabrizio Passarini¹, Loris Giorgini¹

¹Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari", Università di Bologna, Bologna, Italia.

Keyword: fibre di carbonio, compositi, pirolisi, gassificazione, life cycle assessment

Tipo di submission: Poster

Abstract: I materiali compositi in fibra di carbonio stanno trovando un crescente impiego in un ampio numero di settori, tra cui l'automobilistico, l'aerospaziale, il navale e lo sportivo, grazie alla loro eccellenti proprietà meccaniche combinate con la loro intrinseca leggerezza. Nel 2023, il mercato globale dei compositi ha raggiunto un volume totale di circa 13 milioni di tonnellate, registrando una crescita del 5% rispetto all'anno precedente (Danish et al., 2022). Tuttavia, questa espansione del mercato comporta un aumento significativo degli impatti ambientali, in quanto la fibra di carbonio è di origine fossile e la sua produzione è intensivamente energivora. Inoltre, le principali modalità di gestione a fine vita dei compositi sono lo smaltimento in discarica e l'incenerimento (Witten & Mathes, 2024). Di conseguenza, il riciclo delle fibre di carbonio potrebbe compensare la crescente domanda e ridurre gli impatti ambientali legati alla produzione delle fibre vergini.

A tale scopo, il Gruppo Herambiente ha sviluppato, in collaborazione con l'Università di Bologna e il partner tecnologico Curti, l'innovativo impianto di riciclo FIB3R (Recover, Reduce, Reuse Carbon Fiber). L'impianto si basa su due linee indipendenti di pirogassificazione, che consiste in una prima fase di pirolisi, per trasformare la resina del composito in char, seguita da gassificazione per rimuovere il char dalla fibra di carbonio, convertendolo in CO e CO₂. Il processo è in grado di trattare differenti tipologie di rifiuti di compositi in fibra di carbonio, come sfridi di lavorazione, pre-preg, scarti di finissaggio, stampi e curati a fine vita. La fibra riciclata mantiene caratteristiche meccaniche analoghe a quella della fibra vergine, con prestazioni ambientali potenzialmente superiori.

In questo studio, l'analisi del ciclo di vita (Life cycle assessment, LCA) è applicata all'impianto FIB3R con l'obiettivo di stimarne gli impatti ambientali associati e fornire una base quantitativa per un confronto tra il trattamento di riciclo rispetto alla produzione primaria di fibre di carbonio. Definita dalla serie ISO 14040-14044, la metodologia LCA permette di valutare le prestazioni ambientali di un bene, processo o servizio lungo tutto il suo ciclo di vita. È uno strumento ampiamente riconosciuto nel mondo accademico e industriale in ambito di sostenibilità ambientale. La raccolta dati include misurazioni dirette dall'impianto FIB3R e la modellazione della raccolta e trasporto dei rifiuti all'impianto. Il sistema di monitoraggio di consumi ed emissioni è eseguito per singolo stadio di processo, consentendo l'individuazione di "hot-spot" e di indicatori di prestazione ambientale a supporto della fase decisionale.

Riferimenti bibliografici:

1. Danish, A., Mosaberpanah, M. A., Salim, M. U., Amran, M., Fediuk, R., Ozbakkaloglu, T., & Rashid, M. F. (2022). Utilization of recycled carbon fiber reinforced polymer in cementitious composites: A critical review. *Journal of Building Engineering*, 53, 104583. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104583>
2. Witten, D. E., & Mathes, V. (2024). *The European market for Fiber-Reinforced Plastics / Composites 2023*. https://eucia.eu/wp-content/uploads/2024/05/avk_marketreport_2024_final_eng.pdf

Pirolisi analitica con modulazione di split per la quantificazione di tracce di polietilene in plastiche biodegradabili

Marco Mattonai^{1,2}, Marta Filomena¹ Federica Nardella^{1,3}, Sebastia Gesti⁴, Gabriele Medaglia⁴, Erika Ribechini^{1,2}

¹Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa, Pisa, Italia; ²Center for Instrument Sharing, Università di Pisa, Pisa, Italia; ³Amsterdam Institute for Life and Environment (A-LIFE), Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands; ⁴Novamont S.p.A., Novara, Italia

Keyword: Bioplastiche; pirolisi analitica; spettrometria di massa

Tipo di submission: Presentazione poster

Abstract: Sono stati sviluppati due metodi basati su pirolisi analitica-gas cromatografia-spettrometria di massa (Py-GC-MS) e analisi dei gas evoluti-spettrometria di massa (EGA-MS) per la quantificazione di tracce di polietilene (PE) in plastiche biodegradabili. La commercializzazione delle plastiche biodegradabili negli ultimi decenni ha incontrato un notevole successo, specialmente nella produzione di materiali come imballaggi, buste, e utensili alimentari¹. Molte formulazioni di plastiche biodegradabili contengono piccole quantità di plastica non biodegradabile come il PE, che vengono aggiunte per ridurre i costi e migliorare le proprietà meccaniche. La norma europea di riferimento BS EN 13432:2002 consente un contenuto massimo dell'1% di componenti non biodegradabili all'interno di materiali biodegradabili². Tuttavia, non è disponibile nessun protocollo standard su come tale contenuto debba essere misurato³.

In questo studio, sono stati preparati campioni di riferimento a base di comuni componenti di plastiche biodegradabili – amido, poli(acido lattico) (PLA), poli(butilene adipato-co-tereftalato) (PBAT), carbonato di calcio – e contenenti quantità note di PE. Tali campioni sono stati impiegati per sviluppare due nuovi metodi basati su pirolisi analitica per la quantificazione del PE. Il primo metodo, basato su Py-GC-MS in modalità double-shot, fa uso di una modulazione del rapporto di split tra corse cromatografiche successive, raggiungendo limiti di quantificazione per il PE dello 0.4%. Il secondo metodo, basato su EGA-MS, fa uso di un cambiamento del rapporto di split dell'iniettore GC durante la corsa, consentendo la quantificazione del PE con un tempo di analisi di soli 15 minuti (**Figura 1**). La validazione di entrambi i metodi ha mostrato linearità, precisione, ed accuratezza eccellenti. Non è stato registrato effetto matrice da parte degli altri polimeri presenti nei campioni, indicando che i due metodi possono essere impiegati anche per quantificare il PE in formulazioni incognite. Al contrario, è stato registrato un effetto matrice positivo in presenza di carbonato di calcio. Questo risultato è stato sfruttato per migliorare la sensibilità del metodo aggiungendo un eccesso di carbonato di calcio a tutti i campioni prima dell'analisi. Infine, per il metodo EGA-MS è stato anche testato l'uso di uno standard interno deuterato, che ha migliorato ulteriormente le performance della tecnica.

In sintesi, entrambi i metodi sviluppati sono capaci di quantificare il PE in plastiche biodegradabili, e sono indicati sia per analisi di controllo qualità al momento della produzione, che per verifiche di conformità di campioni incogniti. Questo è il primo studio in cui la tecnica EGA-MS è utilizzata in modo quantitativo, ed in cui viene impiegato un sistema di cambio di split durante la corsa.

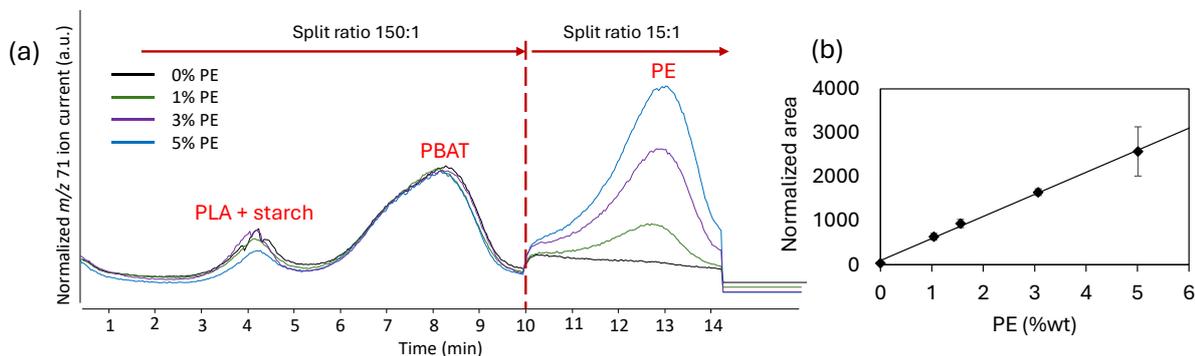


Figura 1. (a) Profili EGA-MS rappresentativi che mostrano il cambiamento di split e l'aumento di segnale generato dal PE. (b) Retta di calibrazione per il polietilene ottenuta dalle analisi EGA-MS.

Riferimenti bibliografici:

1. S. Kumar, N. Dubey, V. Kumar, I. Choi, J. Jeon and M. Kim, Combating micro/nano plastic pollution with bioplastic: Sustainable food packaging, challenges, and future perspectives; *Environmental Pollution* 2024; 363; 125077.
2. BS EN 13432:2002 Packaging - Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation - Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging.
3. P. Rizzarelli, M. Rapisarda, S. Perna, E. F. Mirabella, S. La Carta, C. Puglisi, G. Valenti, Determination of polyethylene in biodegradable polymer blends and in compostable carrier bags by Py-GC/MS and TGA. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 2016; 117; 72.

Sviluppo di una metodica standardizzata per l'identificazione e la caratterizzazione di microplastiche aerodisperse in ambiente lavorativo

Mondellini S.^{1*}, Parolini M.¹, De Felice B.¹, Lo Scalzo M.C.², Ferretti M.², Palazzi A.¹, Aldeghi F.³, Conterposito E.², Gianotti V.², Boccia P.⁴

¹Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Università degli Studi di Milano, Milano, Italia; ²Dipartimento per lo Sviluppo Sostenibile e la Transizione Ecologica, Università del Piemonte Orientale, Alessandria, Italia; ³Marzoli Machines Textile s.r.l., Palazzolo sull'Oglio, Italia; ⁴INAIL – Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, Roma, Italia

Keyword: μ FT-IR, fluoroforo, atmosfera, ambienti *indoor*

Tipo di submission: Poster

Abstract: Le microplastiche (MP) rappresentano un contaminante ambientale ubiquitario, rilevato in tutti i comparti ambientali, inclusa l'atmosfera, dove sono state individuate sia in ambienti *indoor* che *outdoor*. Poiché trascorriamo gran parte del nostro tempo in ambienti chiusi, sia per motivi professionali che personali, è fondamentale monitorare i livelli di contaminazione da MP in questi spazi, al fine di valutare i potenziali rischi per la salute umana. Questo studio si propone di sviluppare e standardizzare un protocollo di campionamento e analisi delle MP in ambiente lavorativo. Mediante l'impiego di campionatori d'aria attivi (campionatore a flusso costante isocinetico MiniBRAVO) e passivi, sono state raccolte particelle aerodisperse in tre diversi ambienti di un'azienda che produce macchine per la lavorazione di filati. I campionamenti sono stati condotti per tre ore al mattino e tre ore al pomeriggio, per tre giorni consecutivi, e ripetuti stagionalmente. Le particelle raccolte sono state caratterizzate attraverso colorazione tramite fluoroforo e analisi mediante μ FT-IR per l'identificazione dei polimeri presenti. I risultati preliminari evidenziano la presenza diffusa di MP in tutti i campioni, con una predominanza di fibre di cellophane in tutte le stagioni analizzate. I numeri di microplastiche identificate presentano un'elevata varianza e vanno da 11 a 282 MP/filtro con metodo di campionamento passivo e da 2 a 401 MP/filtro tramite campionamento attivo. In media sui filtri acquisiti tramite campionamento passivo sono state contate 128.4 ± 75.4 particelle, di cui 91.7 ± 72.4 identificate come MP, mentre sui filtri utilizzati nel campionamento attivo in media sono state contate 197.7 ± 187.2 particelle, di cui 106.2 ± 97.9 identificate come MP. Lo scopo di questo lavoro è identificare il metodo di campionamento più efficace al fine di rilevare le MP aerodisperse in ambienti lavorativi e stimare la potenziale esposizione dei lavoratori. La caratterizzazione tramite μ FT-IR permette un'accurata identificazione polimerica, ma richiede elevati tempi di analisi. Al contrario, la colorazione tramite fluoroforo richiede tempi più brevi per il processamento dei campioni, ma non consente la discriminazione dei diversi polimeri. Pertanto, mentre entrambi i metodi sono validi, per un primo *screening* la colorazione tramite fluoroforo permette di avere una rapida quantificazione dei livelli di contaminazione, a questa però sarebbe opportuno affiancare la caratterizzazione polimerica al fine di poter effettuare un'accurata valutazione del rischio.

Food, Health and Environment Research Infrastructures to tackle the impact of micro and nanoplastics with a One Health approach

Elisa M.¹

¹ Centro di Risonanze Magnetiche (CERM), Università degli Studi di Firenze, Via Luigi Sacconi 6, 50019, Sesto Fiorentino, Italy

Keyword: Degrado ambientale, Micro e nanoplastiche (MNPs), FHERITALE

Tipo di submission: Poster

Abstract: Il progressivo aggravarsi del degrado ambientale, dovuto principalmente all'industrializzazione e all'impiego massiccio di materiali sintetici, rappresenta una minaccia crescente per la salute umana, animale e degli ecosistemi. Tra le problematiche più urgenti spicca la diffusione nell'ambiente di particelle di dimensioni micro- e nanometriche, nello specifico di micro e nanoplastiche (MNPs), che a causa delle loro piccole dimensioni sono in grado di oltrepassare le barriere biologiche, sfuggire ai naturali meccanismi di difesa e diffondersi sistemicamente negli organismi, con conseguenze potenzialmente gravi sulla salute e sull'equilibrio ecologico.

Per affrontare in modo efficace tali sfide è fondamentale adottare un approccio integrato secondo il principio 'One Health', che riconosce l'interconnessione tra salute umana, animale e ambientale. Sebbene la comunità scientifica stia dedicando una crescente attenzione a questi temi, permangono rilevanti lacune nella ricerca. In questo contesto si colloca il progetto FHERITALE¹, che ha l'obiettivo di creare un punto di accesso centralizzato che rende disponibile alla comunità scientifica europea i servizi di numerose infrastrutture europee. L'iniziativa punta a potenziare la capacità di ricerca sugli effetti dei materiali sintetici a scala micro- e nanometrica, focalizzandosi in particolare su quattro aree prioritarie: MNPs, bioplastiche, metalli e ossidi metallici, e additivi plastici.

Ad oggi le attività del progetto hanno prodotto un'analisi dello stato dell'arte della ricerca sull'impatto delle MNPs, e una prima mappatura dei servizi resi disponibili a livello europeo dalle infrastrutture in queste aree di ricerca². Grazie anche al contributo di esperti esterni, queste attività hanno portato alla realizzazione di uno studio bibliometrico sul panorama attuale della ricerca (attualmente in fase di pubblicazione) e alla prima mappatura dei servizi offerti dalle principali Infrastrutture di Ricerca (IR) europee³.

Le attività portate avanti nell'ambito del progetto hanno messo in luce un marcato squilibrio nell'impiego delle tecniche analitiche per l'analisi e/o caratterizzazione delle MNPs: mentre la microscopia risulta ampiamente utilizzata, altre metodologie restano significativamente poco utilizzate rispetto alle potenzialità dello strumento. Una possibile spiegazione di questa disparità risiede nei costi elevati e nella complessità tecnica associata all'utilizzo degli strumenti specializzati richiesti. In questo scenario, le Infrastrutture di Ricerca (IR) assumono un ruolo strategico nel superamento di tali criticità, offrendo accesso a tecnologie avanzate e favorendo lo sviluppo di nuove soluzioni. In continuità con questo contesto, l'accesso alle tecniche NMR è reso disponibile dal nodo italiano di Instruct, CERM/CIRMMP, recentemente potenziato grazie al progetto PNRR ITACA.SB, volto a rafforzare i servizi di biologia strutturale.

Questo contributo è presentato a nome dell'intero consorzio del progetto FHERITALE ed è stato supportato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon Europe, progetto FHERITALE (progetto n. 101131588), e attraverso il progetto PNRR ItaliaDomani 'Potenziamento della capacità italiana per i servizi di biologia strutturale in Instruct-ERIC' (ITACA.SB, progetto n. IR0000009).

Riferimenti bibliografici:

1. Food, Health and Environment research infrastructure to tackle emerging priorities; <https://fheritale.eu/home>
2. Boer, M., Morelli, F., Ravera, E., & Murgioni, E. (2025). Key Selected Priorities: Micro and Nanoparticles Research: Priorities, Challenges and Recommendations. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15211350>
3. First catalogue of the current state of services offered across European RIs; <https://fheritale.eu/survey-outcomes>

Biodegradazione di biopolimeri in un sedimento marino anossico ed effetti sulle attività microbiche e sulla biodiversità

Rosaria C., Eliana M., Elena Maria P., Fabio F., Elena B., Giulio Z.
Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali – DICAM, Università di Bologna,
Bologna, Italia.

Keyword: biopolimeri, sedimento marino anossico, biodegradazione, comunità microbica.

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: La biodegradabilità delle bioplastiche implica la loro capacità di subire una completa mineralizzazione ad opera dell'attività microbica. Tuttavia, i tempi e l'entità della biodegradazione variano nei diversi ambienti rispetto alle condizioni controllate industriali tipicamente utilizzate per valutarne la biodegradabilità¹. Sebbene la biodegradazione delle bioplastiche sia stata ampiamente studiata nella colonna d'acqua marina, poco si sa sul loro destino nei sedimenti marini anossici, che fungono da deposito finale degli oggetti in plastica rilasciati nell'ecosistema marino. In questo studio è stata indagata la biodegradabilità dei principali biopolimeri commerciali, e in che misura la loro degradazione possa influenzare l'ambiente circostante, in microcosmi di sedimento marino anossico che imitano le condizioni biogeochimiche cui sono esposti gli oggetti in plastica sepolti nei fondali marini.

Film sottili di poli(idrossibutirrato-co-idrossiesanoato) (PHBH), acido polilattico (PLA), poli(butilene succinato) (PBS), poli(butilene succinato-co-adipato) (PBSA), poli(butilene adipato tereftalato) (PBAT) e polietilene a bassa densità (LDPE) come controllo non biodegradabile, sono stati incubati sepolti nel sedimento all'interno di microcosmi anossici sacrificali contenenti sedimento e acqua marina raccolti dalla laguna Pialassa Baiona (Ravenna, Italia). L'incubazione è avvenuta staticamente al buio a 20°C, con monitoraggio periodico della produzione e composizione del biogas (CO₂ e CH₄), della concentrazione di solfati, del potenziale redox, della perdita di peso dei film polimerici e della composizione della comunità microbica del sedimento. Nessuno dei polimeri testati ha mostrato perdita di peso durante 4 mesi di incubazione, ad eccezione del PHBH, che è stato completamente degradato in 4 settimane. Una notevole produzione di CO₂ è stata osservata in concomitanza con la biodegradazione del PHBH, indicando mineralizzazione. Contemporaneamente è stata osservata una completa deplezione dei solfati e una marcata diminuzione del potenziale redox. I cambiamenti nella comunità microbica del sedimento hanno rispecchiato quelli nelle attività metaboliche, con l'arricchimento di taxa presumibilmente idrolitici/fermentativi e riduttori di solfati. Ulteriori film di PHBH aggiunti agli stessi microcosmi dopo la completa deplezione dei solfati sono stati degradati con la stessa velocità, producendo CO₂ e CH₄ e arricchendo noti taxa metanogeni. Infine, al quarto mese, la polvere di PHBH è stata aggiunta ai microcosmi contenenti gli altri polimeri non degradati, per esplorare la possibile degradazione co-metabolica. L'evoluzione di CO₂ e CH₄, insieme alla riduzione dei solfati, è stata stimolata come previsto dalla biodegradazione del PHBH, ma non è stata osservata alcuna degradazione degli altri biopolimeri nel corso di un ulteriore periodo di incubazione di 4 mesi.

In conclusione, il PHBH è stato degradato rapidamente in un sedimento marino anossico, sia in condizioni di solfato riduzione che in condizioni metanogeniche, influenzando in modo significativo la struttura della comunità microbica del sedimento. Al contrario, nessuno degli altri biopolimeri testati ha subito biodegradazione in 8 mesi, né da soli, né in concomitanza con la biodegradazione del PHBH.

Ringraziamenti:

Progetto realizzato nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 Componente 2 Investimento 1.4 - Avviso n. 3138 del 16/12/2021, rettificato dal Decreto n.3175 del 18/12/2021 del Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR), finanziato da Next-GenerationEU. Codice progetto CN_00000033, Decreto di Concessione n. 1034 del 17/06/2022 adottato dal MUR, CUP J33C22001190001, Progetto "National Biodiversity Future Center - NBFC".

Riferimenti bibliografici:

1. Lavagnolo M.C, Poli V., Zampini A.M, Grossule V. Biodegradability of bioplastics in different aquatic environment: a systematic review. *J. Environ, Sci.* 2024; 142; 169-181

Effetti a breve e lungo termine delle nanoplastiche di Polistirene (PS) e Polivinilcloruro (PVC) su *Daphnia magna*

Masseroni, A.¹, Nigro, L.², Schirinzi, G.³, Becchi, A.², Della Torre, C.¹, Villa, S.²

¹Dipartimento di Bioscienze, Università degli Studi di Milano, Via Giovanni Celoria 26, 20133, Milano, Italia

²Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra (DISAT), Università degli Studi di Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126, Milano, Italia

³Commissione Europea, Centro Comune di Ricerca (JRC), Ispra, Italia

Keyword: Nanoplastics, *Daphnia magna*, Polystyrene, Polyvinyl chloride, Sublethal effects

Tipo di submission: Presentazione Orale / Poster

Abstract:

La contaminazione ambientale da nanoplastiche (NP) e i loro potenziali effetti avversi su organismi, ecosistemi e salute umana stanno attirando crescente attenzione da parte della comunità scientifica. In particolare, studi recenti hanno evidenziato effetti sub-letali delle NP sugli organismi acquatici, sebbene la maggior parte di essi si sia focalizzata esclusivamente sul polistirene (PS-NP).

Il presente studio ha l'obiettivo di valutare gli effetti a breve e lungo termine dell'esposizione a due differenti tipi di NP - polistirene (PS-NP, 200 nm) e polivinilcloruro (PVC-NP, 50- 350 nm)- sul crostaceo di acqua dolce *Daphnia magna*.

Al fine di valutare gli effetti a breve termine, esemplari neonati di *D. magna* sono stati esposti per 48 ore a cinque concentrazioni ambientali di PS-NP e PVC-NP (250, 125,25,12.5,2.5 µg/L). Gli effetti sono stati analizzati a diversi livelli dell'organizzazione biologica, considerando parametri biochimici (produzione di specie reattive dell'ossigeno – ROS, e attività dell'enzima antiossidante catalasi – CAT) e comportamentali (distanza percorsa dagli organismi). I risultati hanno evidenziato che le PVC-NP inducono effetti sub-letali sia a livello biochimico che comportamentale, suggerendo che la composizione chimica delle NP giochi un ruolo cruciale nella tossicità, oltre alla sola dimensione.

Sulla base di questi risultati, è stato condotto un esperimento a lungo termine in cui esemplari neonati di *D. magna* sono stati esposti per 21 giorni a una concentrazione ambientale (10 µg/L) di PS-NP e PVC-NP. Sono stati analizzati parametri morfometrici, comportamentali, il numero di mute e la performance riproduttiva. I risultati hanno confermato la differente tossicità dei due polimeri: l'esposizione a PS-NP non ha comportato effetti significativi, mentre le PVC-NP hanno determinato un aumento delle dimensioni corporee e del numero di mute, un ritardo nella prima riproduzione e una riduzione della fertilità.

Nel complesso, entrambi gli esperimenti hanno evidenziato che le PVC-NP inducono effetti ecotossicologici più marcati rispetto alle PS-NP, suggerendo che il PS non rappresenti un modello sufficiente per valutare la tossicità complessiva delle NP. La composizione chimica dei polimeri emerge quindi come un fattore determinante nell'impatto ecotossicologico, sottolineando la necessità di includere una maggiore varietà di polimeri plastici negli studi ecotossicologici sulle NP.

Trash or treasure: il ruolo delle plastiche nella riproduzione del Panzarolo

Palazzi A.¹, Galbiati M.¹, De Felice B.¹, Mondellini S.¹, Parolini M.¹

¹Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Università di Milano, via Celoria 26, 20133 Milano, Italia

Keyword: macroplastiche, biodiversità, pesci, panzarolo, fontanili

Tipo di submission: Poster

Abstract:

La contaminazione da plastiche rappresenta attualmente una delle più urgenti problematiche ambientali che la società deve affrontare. Negli ultimi anni numerosi studi hanno dimostrato come questa tipologia di contaminazione sia ampiamente diffusa in tutti gli ecosistemi, evidenziando come le plastiche siano da considerarsi dei contaminanti ubiquitari. Tra gli ambienti acquatici, fontanili e risorgive sono biotopi storicamente ritenuti poco contaminati. La presenza di acqua di falda e il maggior isolamento rispetto ad aree antropizzate infatti, garantirebbe una minor influenza da parte dell'ambiente esterno. Questi ecosistemi sono inoltre considerati degli hotspot di biodiversità ittica e costituiscono l'ambiente di elezione di alcune specie endemiche come il Panzarolo (*Orsinigobius punctatissimus*). Questa specie bentonica, a rischio critico di estinzione, è fortemente dipendente dalla presenza di oggetti sul fondale, i quali vengono utilizzati come rifugi riproduttivi per la deposizione e la cura delle uova. In tale contesto, anche i rifiuti plastici presenti nell'habitat possono assumere un ruolo funzionale, venendo occasionalmente impiegati dalla specie come siti riproduttivi. In questo studio sono stati campionati 22 fontanili e risorgive della Lombardia, una delle aree più ricche di questi ambienti in Pianura Padana, al fine di valutare la potenziale contaminazione da plastiche ed il loro utilizzo. Le macroplastiche sono state raccolte, fotografate e analizzate in loco per valutare l'eventuale presenza di ovature di Panzarolo. Le microplastiche sono state campionate tramite apposita trappola per essere in seguito isolate e analizzate seguendo un protocollo standardizzato. In totale sono state raccolte 200 microplastiche putative, con una media di 9 microplastiche putative per sito. Inoltre, in 8 dei 10 fontanili in cui il Panzarolo è risultato essere presente sono state rinvenute macroplastiche con uova. Le informazioni sulla contaminazione da plastiche di questi ambienti sono essenziali per meglio definire lo stato di salute di questi ecosistemi sempre più compromessi e che spesso ospitano specie animali minacciate. I risultati di questo studio contribuiscono a colmare importanti lacune conoscitive sulla contaminazione da plastiche nelle acque interne padane e sulla biologia riproduttiva di una specie ittica a rischio, evidenziando il potenziale impiego dei rifiuti plastici come rifugi da parte di specie sensibili al degrado ambientale.

Microplastiche e monociti umani: effetti su lisosomi, mitocondri e autofagia

Pezzana S.^{1*}, Broggiato M.¹, Vanetti C.¹, Limanaqi F.², Vezzoli E.³, Clerici M.⁴, Fenizia C.¹

¹ *Dipartimento di Fisiopatologia Medico-Chirurgica e dei Trapianti, Università di Milano, via Festa del Perdono 7, 20122 Milano, Italia.*

² *Dipartimento di Scienze Biomediche e Cliniche, Università di Milano, Via Gian Battista Grassi, 74, 20122 Milano, Italia.*

³ *Advanced Light and Electron Microscopy Biolmaging Centre (ALEMBIC), IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia*

⁴ *Dipartimento di Fisiopatologia Medico-Chirurgica e dei Trapianti, Università di Milano, via Festa del Perdono 7, 20122 Milano, Italia; Fondazione Don Carlo Gnocchi, IRCCS Milan Italia.*

* e-mail: stefania.pezzana@unimi.it

Keyword: monociti; lisosomi; autofagia; uomo

Tipologia presentazione: orale

Le micro- e nanoplastiche (MNPs) sono un grande problema ambientale emergente a causa del loro impatto sulla salute umana. Gli esseri umani sono quotidianamente esposti alle MNPs attraverso ingestione, inalazione e contatto con la pelle.

Recenti studi hanno dimostrato che le MNPs possono alterare il sistema autofagico-lisosomiale, innescando risposte infiammatorie e citotossiche, che portano alla morte cellulare. Queste alterazioni rappresentano un rischio significativo per la salute cellulare, in quanto aggravano l'infiammazione cronica e lo stress cellulare, contribuendo allo sviluppo di malattie come la neurodegenerazione, la fibrosi e i disturbi metabolici. Tuttavia, i meccanismi di internalizzazione delle MNPs e il loro impatto sulle cellule umane sono ancora poco conosciuti.

I nostri studi si focalizzano sulla valutazione degli effetti delle MNPs su monociti primari umani. In primo luogo, abbiamo valutato l'impatto di MNPs di diverse dimensioni (diametro 0.5, 1 e 5 µm) e concentrazioni calcolate con la curva IC50. Tramite microscopia elettronica a trasmissione (TEM) abbiamo esaminato la localizzazione ultrastrutturale delle MNP e degli organelli e tramite RT-qPCR e western blot abbiamo analizzato l'espressione genica e proteica, rispettivamente.

I risultati ottenuti con TEM mostrano che le MNPs vengono internalizzate dai monociti e accumulate nei lisosomi con una morfologia multilamellare, suggerendo la formazione di autofagosomi. Inoltre, abbiamo potuto rivelare alterazioni della struttura mitocondriale. A confermare i dati morfologici ottenuti tramite TEM, i geni e le proteine associati all'autofagia (e.g. LC3) e alla formazione di lisosomi (e.g. LAMP1) sono up-regolati.

In conclusione, questo studio fornisce nuove conoscenze sui meccanismi cellulari e molecolari e i potenziali danni causati dall'internalizzazione dei MNP in monociti umani.

Ottimizzazione della sintesi del BHMf come building block per la produzione di nuovi polimeri

Piazzini A.,^{1,2} Lenzi C.,^{1,2} Onofri M.,¹ Gasparini F.,¹ Tabanelli T.,^{1,2} Cavani F.,^{1,2} Vannini M.,³ Zamboni E.,³ Celli A.,³ Mazzoni R.^{1,2}

¹ Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari", Università di Bologna, Via Piero Gobetti 85, 40129 Bologna, Italia

² Centro per la Catalisi Chimica – C3, Università di Bologna, Via Piero Gobetti 85, 40129 Bologna, Italia

³ Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Università di Bologna, DICAM, Via Terracini 28, 40131 Bologna, Italia

Keyword: HMF, catalisi organometallica, scale-up, bioplastiche, poliesteri

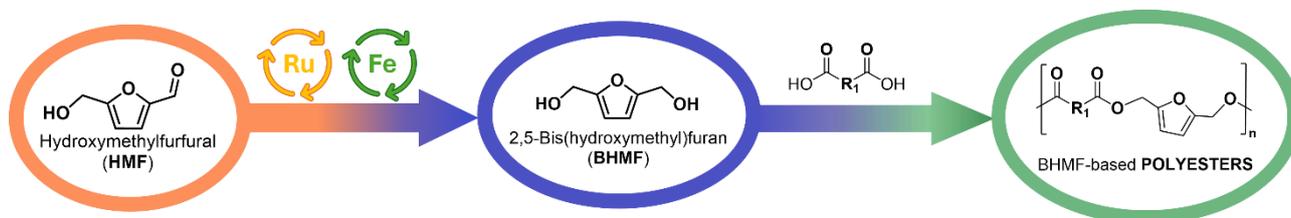
Tipo di submission: Poster

Abstract: Il concetto di bioraffineria si fonda sull'idea di produrre building block a partire dalla biomassa, proponendoli come alternative sostenibili a quelli di origine petrolchimica. La natura complessa della biomassa consente di ottenere un'ampia varietà di molecole, che possono essere trasformate in sostituti del petrolio. Tra questi composti, l'idrossimetilfurfurale (HMF) si distingue per il suo elevato potenziale, come dimostra il crescente interesse della comunità scientifica, testimoniato dal numero sempre maggiore di pubblicazioni in merito.

Uno dei derivati più promettenti dell'HMF è il 2,5-bisidrossimetilfurano (BHMf), le cui possibili applicazioni spaziano dall'impiego come additivo per biodiesel, a tensioattivo non ionico, monomero per polimeri o substrato per l'industria degli aromi.

Nel gruppo di ricerca della prof.ssa Mazzoni, abbiamo esplorato la riduzione catalitica omogenea dell'HMF a BHMf utilizzando il catalizzatore di Shvo, ottenendo una resa e una selettività superiori al 99% in condizioni blande e in atmosfera di idrogeno. Abbiamo inoltre sviluppato con successo una procedura solida e scalabile, caratterizzata da una buona riciclabilità del catalizzatore e dall'impiego di solventi sostenibili come l'anisolo.

Il BHMf così ottenuto è stato successivamente impiegato dal gruppo della prof.ssa Celli per la sintesi di poliesteri innovativi, utilizzandolo come diolo bio-based al posto dei comuni dioli alifatici. Dai primi test di polimerizzazione sembra che questo tipo di approccio sia promettente in quanto, con i due bisacidi provati, sono stati ottenuti pesi molecolari fino a 16000 Da.



Riferimenti bibliografici:

1. A. Messori, A. Fasolini, R. Mazzoni, *ChemSusChem*, 2022, vol. 15, no. 13.
2. T. Pasini, G. Solinas, V. Zanotti, S. Albonetti, F. Cavani, A. Vaccari, A. Mazzanti, S. Ranieri, R. Mazzoni, *Dalton Trans.*, 2014, vol. 43, no. 26, pp. 10224–10234.
3. R. Mazzoni, A. Messori, A. Piazzini, N. Santarelli, G. Martelli, M. Curcio, S. Albonetti, T. Tabanelli, 2023, Patent n. 102023000023637.
4. P. P. Upare, Y. K. Hwang, D. W. Hwang, *Green Chemistry*, 2018, 20, 879–885

Acknowledgments:

This work was carried out within the Agritech National Research Center and received funding from the European Union Next-GenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022).

Studio dei fenomeni di adsorbimento su microplastiche “true-to-life”

Mario Rigo¹, Serena Ducoli¹, Ula Putar², Fabjola Bilo¹, Eva Margui³, Gabriela Kalčíková², Laura Borgese¹, Laura Eleonora Depero¹, Stefania Federici¹

¹ Chemistry for Technologies Laboratory, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Brescia & INSTM RU of Brescia, via Branze, 38, 25123 Brescia, Italy

² Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana, Večna pot 113, 1000 Ljubljana, Slovenia

³ Department of Chemistry, University of Girona, C/ M. Aurèlia Capmany, 69, 17003 Girona (Spain)

Keyword: Microplastiche, nanoplastiche, materiali test, True-to-life, adsorboma

Tipo di submission: Poster

Abstract: Le microplastiche sono ampiamente riconosciute come una minaccia emergente per gli ecosistemi naturali. Gli studi più recenti sulle interazioni con sistemi ambientali e biologici si basano prevalentemente su modelli costituiti da particelle sferiche di singolo polimero, omogenee per dimensione, forma, composizione e chimica superficiale. Sebbene questi materiali permettano di studiare i meccanismi, le modalità di azione e altre proprietà correlabili alle caratteristiche del materiale, presentano tuttavia scarse analogie con le microplastiche presenti in natura. Per questo motivo, è fondamentale sviluppare materiali test o di riferimento che riproducano in modo più fedele le caratteristiche reali, colmando il divario tra le condizioni di laboratorio e la complessità dei sistemi naturali. Per affrontare questo problema, abbiamo studiato fenomeni di adsorbimento di microplastiche test, definite “true-to-life”, ottenute impiegando diverse tecniche di frammentazione a partire da prodotti di plastica commercialmente reperibili. In particolare, abbiamo studiato l’“adsorboma” attraverso la formazione di biofilm e la cattura di cationi metallici, quali Ni²⁺ e Pb²⁺. La formazione di biofilm su queste microplastiche ne altera le proprietà fisico-chimiche, aumentando potenzialmente l’assorbimento degli inquinanti e suggerendo come le microplastiche true-to-life forniscano valutazioni più affidabili dei rischi ambientali. Inoltre, i risultati preliminari dimostrano comportamenti di adsorbimento diversi a seconda del tipo di polimero, del catione metallico e/o dell’inquinante organico analizzato. Lo studio evidenzia l’importanza di utilizzare microplastiche sperimentali rilevanti dal punto di vista ambientale per comprendere meglio le loro interazioni con gli inquinanti e il biota, migliorando così l’affidabilità delle valutazioni del rischio ambientale e supportando lo sviluppo di strategie di mitigazione più efficaci.

Riferimenti bibliografici:

1. Ducoli, S., et al. (2025). Comparison of different fragmentation techniques for the production of true-to-life microplastics. *Talanta*, 283, 127106.
2. Ducoli, S., et al. (2025). Production, characterization, and toxicology of environmentally relevant nanoplastics: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 1-27.
3. Ducoli, S., et al. (2024). Characterization of polyethylene terephthalate (PET) and polyamide (PA) true-to-life nanoplastics and their biological interactions. *Environmental Pollution*, 343, 123150.

Applicazione dell’LCA a diverse alternative di sintesi di un fotoiniziatore utilizzato per la produzione del poli(acetato di vinile-acido crotonico)

Rivas Márquez M.N.¹, Arfelli F.², Rosas J.M.¹, Rodríguez Mirasol J.¹, Cordero T.¹, Ciacci L.^{2,3}, Passarini F.^{2,3}

¹Dipart., di Ingegneria Chimica, Facoltà di Scienze, Università di Malaga, Spain.

²Dipart., di Chimica Industriale “Toso Montanari”, Università di Bologna, via Piero Gobetti 85, 40136 Bologna, Italia.

³CIRI FRAME, Università di Bologna, via Angherà 22, 47922 Rímini, Italia.

Keyword: Life Cycle Assessment, fotoiniziatore, 1-idrossicicloesilfenilchetone, poli(acetato di vinile-acido crotonico)

Tipo di submission: Poster

Abstract:

Il poli(acetato di vinile-acido crotonico) è un copolimero versatile, impiegato principalmente come adesivo e/o precursore nella produzione di additivi nel settore automobilistico. La sua sintesi, comunemente attivata mediante iniziatori termici (azobisisobutirronitrile o vari perossidi), consiste nella copolimerizzazione dell'acido crotonico (CA) con l'acetato di vinile (VAc)¹ (Figura 1). Tuttavia, gli iniziatori termici richiedono temperature elevate che, da un lato, comportano elevati consumi energetici e, dall'altro, possono alterare la struttura chimica dei precursori, rendendo anche complicato il controllo dei parametri del processo². Tali implicazioni stimolano lo sviluppo di alternative più sostenibili. In questo contesto, l'uso dell'1-idrossicicloesilfenilchetone (Irgacure 184) rappresenta un'opzione promettente, in quanto consente di avviare la polimerizzazione sfruttando radiazioni UV, a temperatura ambiente e con una minore generazione di sottoprodotti. Tuttavia, nonostante l'uso di Irgacure 184 sia coerente con i principi della chimica verde, è necessario applicare una valutazione completa dell'impatto mediante l'analisi del ciclo di vita (LCA) per confermare gli effettivi vantaggi ambientali rispetto all'attivazione termica alternativa.

Seguendo una prospettiva di ciclo di vita, oltre alla sintesi del copolimero, è quindi necessario valutare anche gli impatti associati alla produzione dell'iniziatore. Di conseguenza, il caso studio propone l'applicazione dell'LCA per stimare gli impatti ambientali di sei diversi percorsi di sintesi di Irgacure 184, in riferimento a tre scenari: (i) scala di laboratorio, (ii) scala pilota con stima del consumo energetico utilizzando un approccio di tipo “Advanced Process Calculation” (APC)³ e (iii) su scala pilota utilizzando “Process simulation tools”³ come Aspen Plus. Inoltre, lo studio mira ad evidenziare le lacune dei comuni database LCA riguardo alla disponibilità di informazioni relative a molecole complesse, come quelle coinvolte nelle sintesi presentate. Coerentemente, la piattaforma Reaxys è stata utilizzata come riferimento di retrosintesi per la produzione di alcuni precursori di Irgacure 184, assenti dalle tradizionali banche dati. L'LCA è applicata seguendo un approccio from-cradle-to-gate e i risultati sono normalizzati ad 1 kg di iniziatore finale, scelto come unità funzionale, per agevolare il confronto tra i tre scenari. La valutazione dell'impatto è stata eseguita con il metodo Environmental Footprint 3.1 e il modello è stato generato sul software Simapro.

I risultati preliminari suggeriscono che i tre approcci presentano impatti significativamente diversi a causa della varianza associata alla stima del consumo energetico. In particolare, la scarsa ottimizzazione dei processi di laboratorio e le apparecchiature basate principalmente sull'elettricità comportano consumi particolarmente elevati. L'approccio APC adottato è sensibile ai lunghi tempi di reazione e alle alte temperature, poiché non consente di modellare il potenziale recupero di energia all'interno del sistema. Infine, Aspen Plus rappresenta l'opzione più rappresentativa. Tuttavia, l'uso di ASPEN è limitato dalla conoscenza delle cinetiche di reazione, che spesso non sono disponibili in letteratura, soprattutto per reazioni poco comuni e, come in questo caso, non ancora diffuse sul mercato.

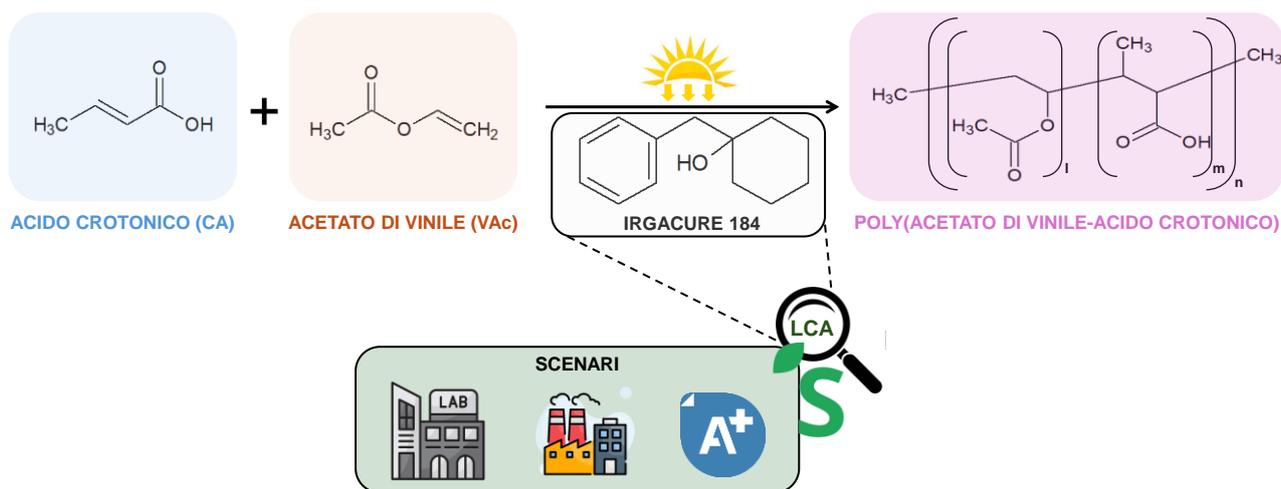


Figura 1. Reazione di sintesi innovativa del copolimero e scenari di calcolo.

Riferimenti bibliografici:

1. Jorea A., Parodi A., Benelli T., Ciacci L., Fagnoni M., Galletti P., Mazzocchetti L., Ravelli D., Torri C., Vassura I., Samorì C. Poly(vinyl acetate-co-crotonic acid) from bio-based crotonic acid: synthesis, characterization and carbon footprint evaluation. *Royal Society of Chemistry* 2023.
2. Mansfeld U., Pietsch C., Hoogenboom R., Becer C.R., Schubert U.S. Clickable initiators, monomers and polymers in controlled radical polymerizations – A prospective combination in polymer science. *Royal Society of Chemistry* 2010.
3. Parvatker A.G., Echelman M.J. Comparative evaluation of chemical life cycle inventory generation methods and implications for life cycle assessment results. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* 2019.

Riconoscimenti: Questo Lavoro è stato sostenuto dal MCIN [TED2021-131324B-C21; PID2022-140844OB-I00] è dall'Unione Europea "NextGenerationEU"/PRTR (MCIN/AEI/10.13039/501100011033). M.N.R.M riconosce il sostegno finanziario ricevuto attraverso il Programma Erasmus+ e la Fondazione Unicaja, nonché l'Università di Malaga, per il completamento del suo soggiorno di pre-dottorato. Gli autori ringraziano per il sostegno finanziario ricevuto dal programma LIFE dell'Unione Europea nell'ambito dell'accordo di finanziamento n. 101074164 (CROSS-LIFE – Acido CROtonico da fanghi di depurazione). Tuttavia, le opinioni espresse sono quelle degli autori e non riflettono necessariamente quelle dell'Unione Europea.

Approccio multi-analitico per lo studio degli effetti delle bioplastiche biodegradabili sul suolo

Rombolà A.G.¹, Coralli I.², Facchin A.¹, Torri C.¹, Fabbri D.²

¹Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", University of Bologna, Campus di Ravenna, via Sant'Alberto 163, 48123, Ravenna, Italia

²Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", University of Bologna, c/o Tecnopolo di Rimini, via Dario Campana 71, 47192, Rimini, Italia

Keyword: SOM, DOM, Py-GC-MS, bioplastiche, suolo

Tipo di submission: Poster

Abstract: La crescente produzione di plastica è accompagnata da un aumento incessante della quantità dei rifiuti generati, che genera conseguenze negative sia sull'ambiente che sulla salute umana. Per affrontare questo problema, si stanno attivamente cercando e sviluppando materiali alternativi più sostenibili per l'ambiente. Tra questi, le bioplastiche stanno emergendo come alternativa sostenibile alle plastiche tradizionali grazie al loro potenziale di mitigare l'inquinamento da plastica e il cambiamento climatico. Il termine bioplastiche è utilizzato per un'ampia famiglia di materiali plastici che possono essere di origine biologica (*bio-based*) e/o biodegradabili. Nonostante ciò, è stato stimato che quasi la metà dei polimeri di origine biologica non fosse suscettibile alla decomposizione biologica nell'ambiente [1]. Pertanto, le plastiche fossili o bioplastiche non biodegradabili dovrebbero essere gradualmente sostituite da plastiche biodegradabili di origine biologica per prevenire la contaminazione dell'ambiente con detriti plastici.

La degradazione delle bioplastiche nell'ambiente, è un processo complesso influenzato dalle proprietà dei materiali e dalle condizioni ambientali. Per il suolo, ad esempio, sono disponibili poche informazioni sulla loro presenza ambientale e sui potenziali effetti avversi. Nello specifico, alcuni studi hanno riportato effetti negativi sulle comunità microbiche del suolo, sulla salute e sulla crescita delle piante dovuti alle bioplastiche [2]. Inoltre, le informazioni sull'esatta composizione chimica delle plastiche biodegradabili commerciali sono scarse.

Il presente lavoro mira a fornire informazioni sugli effetti delle bioplastiche biodegradabili sulle caratteristiche della sostanza organica del suolo (SOM) e della sostanza organica disciolta (DOM). L'attenzione è stata rivolta a terreni agricoli ottenuti da un esperimento di laboratorio con diversi carichi di bioplastiche, studiando le caratteristiche molecolari di SOM e DOM. Bioplastiche biodegradabili commerciali sono state incubate in un terreno agricolo per 100 giorni. L'estrazione della DOM è stata eseguita facendo riferimento al metodo precedentemente descritto [3]. I campioni di DOM sono stati esaminati tramite pirólisi-GC-MS (Py-GC-MS), TOC, spettroscopia UV-Vis e fluorescenza. Inoltre, è stato impiegato un approccio sistematico che combina Py-GC-MS, analisi dei gas evoluti-MS, TGA e GC-MS a spazio di testa per studiare la composizione chimica delle plastiche biodegradabili commerciali. Sono stati identificati i profili di degradazione termica, i marcatori di pirólisi e i composti rilasciati a diverse temperature per i polimeri biodegradabili.

I risultati ottenuti con Py-GC-MS e le tecniche ottiche hanno mostrato il rilascio di sostanze organiche nel suolo dai residui di bioplastica e che i residui di bioplastica possono influenzare la DOM del suolo. Per quanto riguarda la composizione chimica, i risultati hanno evidenziato che la variabilità chimica dei copolimeri (poli(butilene adipato-co-butilene tereftalato), PBAT; poli(butilene succinato), PBS; poli(acido lattico), PLA) presenti nelle bioplastiche commerciali, insieme alla presenza di additivi di diversa natura, influenza il comportamento termico. Inoltre, i risultati dell'indagine termoanalitica con tecniche Py-GC-MS ed EGA-MS sono coerenti nell'evidenziare l'assenza di cambiamenti significativi nella composizione delle bioplastiche dovuti al processo di invecchiamento.

Riferimenti bibliografici:

1. European Bioplastics, 2020. Bioplastics market development update 2020.
2. Chah C. N., Banerjee A., Gadi V. K., Sekharan S., Katiyar V. A systematic review on bioplastic-soil interaction: Exploring the effects of residual bioplastics on the soil geoenvironment. *Sci. Total Environ.*, 2022, 851, 158311.
3. Ghidotti M., Fabbri D., Mašek O., Mackay C.L., Montalti M., Hornung A. Source and Biological Response of Biochar Organic Compounds Released into Water; Relationships with Bio-Oil Composition and Carbonization Degree. *Environ. Sci. Technol.*, 2017; 51, pp 6580-6589.

Additivi plastici e small microplastics (<100 µm) nella neve dell'Antartide: dalla costa marina al plateau continentale

Rosso B.^{1,2*}, Vecchiato M.², Bravo B.³, Barbante, C.^{1,2}, Gambaro A.¹, Corami, F.^{1,2}

¹ Institute of Polar Sciences, CNR-ISP, Campus Scientifico – Ca' Foscari University of Venice, Via Torino, 155, 30172 Venezia-Mestre, Italy

² Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University of Venice, Via Torino, 155, 30172 Venezia-Mestre, Italy

³ Thermo Fisher Scientific, Str. Rivoltana, Km 4, 20090 Rodano, Italy

E-mail contact: beatrice.rosso@unive.it

Keyword: microFTIR, *small microplastics*, neve, additivi plastici, antartide

Tipo di submission: Presentazione Orale

Le microplastiche (MPs) sono state ampiamente rilevate in tutte le matrici ambientali (come suolo, sedimenti, acqua marina), incluse le regioni remote come l'Antartide. Tuttavia, permangono significative lacune nella conoscenza delle MPs atmosferiche in ambiente polare, in particolare per le particelle di dimensioni più ridotte, appunto per le *small microplastics*, SMPs <100 µm, ma soprattutto per i *microlitter components* (MCLs), che comprendono additivi plastici, fibre non sintetiche e altri componenti del microlitter ancora ad oggi poco studiati. Infatti, gli additivi plastici possono essere aggiunti al polimero plastico in diverse fasi della produzione, miscelati direttamente assieme al polimero o inseriti nelle fasi finali della produzione, ed essere rilasciati in ambiente quando la plastica viene frammentata o degradata. Inoltre, la mancanza di standardizzazione nelle metodologie analitiche dal campionamento, pretrattamento e infine analisi comporta numerose difficoltà nella comparazione degli studi presenti. In aggiunta, le procedure di QA/QC (Quality Assurance and Quality control) per evitare la contaminazione non vengono descritte talvolta in maniera esaustiva. Le SMPs e i MCLs, una volta introdotti nell'ambiente, possono essere trasportati a lunghe distanze dalle correnti atmosferiche, raggiungendo anche aree remote come l'Antartide, dove arrivano al suolo tramite le deposizioni nevose. Data la scarsità di dati su questi contaminanti nelle regioni polari, questo studio ha l'obiettivo di analizzare la loro presenza nella neve superficiale in vari siti antartici. L'obiettivo è fornire nuovi dati sulla loro distribuzione, sulle possibili fonti e sulle dinamiche di trasporto. Le attività di campionamento e la procedura di oleo-estrazione si basano su uno studio precedente condotto su SMPs nella neve artica [1], ottimizzando un metodo di oleoestrazione [2], e sono state eseguite all'interno di una *clean room* ISO 7 *plastic free* seguendo una scrupolosa procedura di QA/QC. I campioni sono stati filtrati e analizzati mediante spettroscopia Micro-FTIR, che ha permesso sia la quantificazione che l'identificazione chimica di ogni particella. SMPs e MCLs sono stati rilevati in tutti i campioni di neve superficiale, con oltre 15 polimeri diversi, fibre non sintetiche e additivi plastici identificati con successo. La classe dimensionale più abbondante per SMPs e MCLs è risultata quella tra 30–40 µm. Tra le SMPs, il PTFE (Politetrafluoroetilene) è stato riscontrato in tutti i siti esaminati in questo studio, seguito da PA (Poliammide). Per quanto riguarda i MCLs, sono state identificate più categorie (ad esempio plastificanti, lubrificanti, antiossidanti, stabilizzatori per luce, ritardanti di fiamma...). Le concentrazioni più basse sono state rilevate nelle aree più interne del plateau, suggerendo un gradiente spaziale con maggiore contaminazione in prossimità della costa. Questi risultati forniscono dati fondamentali sulla presenza di SMPs e MCLs in una delle aree più remote del pianeta, contribuendo a una migliore comprensione delle loro potenziali implicazioni negative sul biota e sui processi climatici.

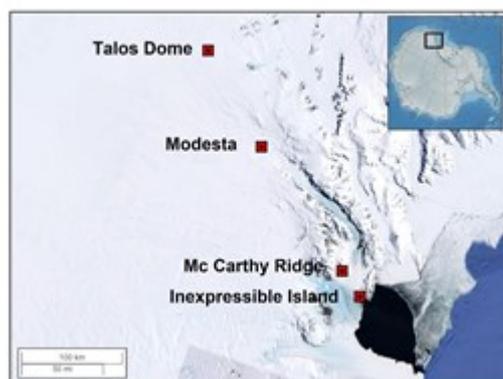


Fig. 1 Siti di campionamento di neve superficiale in Antartide

1. Rosso, B., Scoto, F., Hallanger, I. G., Larose, C., Gallet, J. C., Spolaor, A., Bravo, B., Barbante, C., Gambaro, A., Corami, F., 2024. Characteristics and quantification of small microplastics (< 100 μm) in seasonal Svalbard snow on glaciers and lands. *Journal of Hazardous Materials*, 467, 133723
2. Corami F., Rosso B., Morabito E., Rensi V., Gambaro A., Barbante C., 2021. Small microplastics (< 100 μm), plasticizers and additives in seawater and sediments: Oleo-extraction, purification, quantification, and polymer characterization using Micro-FTIR. *Science of The Total Environment*, 797, 148937. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148937>

Imaging iperspettrale e chemiometria per la rapida identificazione di microplastiche in campioni ambientali

Saraceno I.¹, Catelli E.¹, Bravo B.², Traina A.², Prati S.¹, Sciutto G.¹

¹Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Università di Bologna - Ravenna Campus, Via Guaccimanni, 42 48121 Ravenna (IT); ²Thermo Fisher Scientific, Via San Bovio, 3, 20054 SEGRATE MI, (IT)

Keyword: Microplastiche, Monitoraggio ambientale, Imaging iperspettrale (HSI), Chemiometria, Multivariate Curve Resolution (MCR)

Tipo di submission: Poster

Abstract: Le microplastiche (MP), particelle di plastica di dimensioni comprese tra 1 μm e 5 mm, sono presenti in tutti i comparti ambientali e destano crescente preoccupazione per i potenziali effetti sulla salute umana, legati alla presenza di additivi dannosi e alla capacità di veicolare contaminanti organici tossici. Per questo motivo lo sviluppo e ottimizzazione di metodiche analitiche per il loro monitoraggio rappresenta una tema di grande importanza. Tra le tecniche più comuni utilizzate per la caratterizzazione chimica vi sono le tecniche di microspettroscopia infrarossa a Trasformata di Fourier (FTIR) e la microspettroscopia Raman. Sebbene tali tecniche offrano un'efficace caratterizzazione delle MP, queste risultano dispendiose in termini di tempo e possono richiedere estensivi pretrattamenti del campione e relativa purificazione. La presente ricerca propone un approccio innovativo basato sull'utilizzo di tecniche di imaging iperspettrale (HSI) nella regione del vicino infrarosso (10000-4000 cm^{-1}) e medio infrarosso (4000-675 cm^{-1}), combinate con tecniche chemiometriche, quali Analisi delle Componenti Principali (PCA) e Multivariate Curve Resolution-Alternating Least Squares (MCR-ALS). Questa metodologia permette la rapida analisi di MP provenienti da campioni ambientali, direttamente su filtro e senza necessità di preselezione visiva e manipolazione del campione.

Le tecniche di imaging iperspettrale (HSI) generano un'elevata quantità di dati (big data) organizzati in una matrice tridimensionale, nota come cubo iperspettrale, in cui le prime due dimensioni rappresentano le coordinate spaziali (pixel), mentre la terza contiene le informazioni spettrali (numero d'onda), permettendo di ottenere uno spettro completo per ciascun pixel dell'immagine. [1] [2]

Tramite elaborazione dei cubi iperspettrali attraverso MCR-ALS è possibile ottenere mappe chimiche multivariate delle diverse componenti spettrali presenti, massimizzando il contributo di ciascuna e rendendo possibile l'automatico isolamento delle MP rispetto alla matrice (esempio filtro) Figura 1.

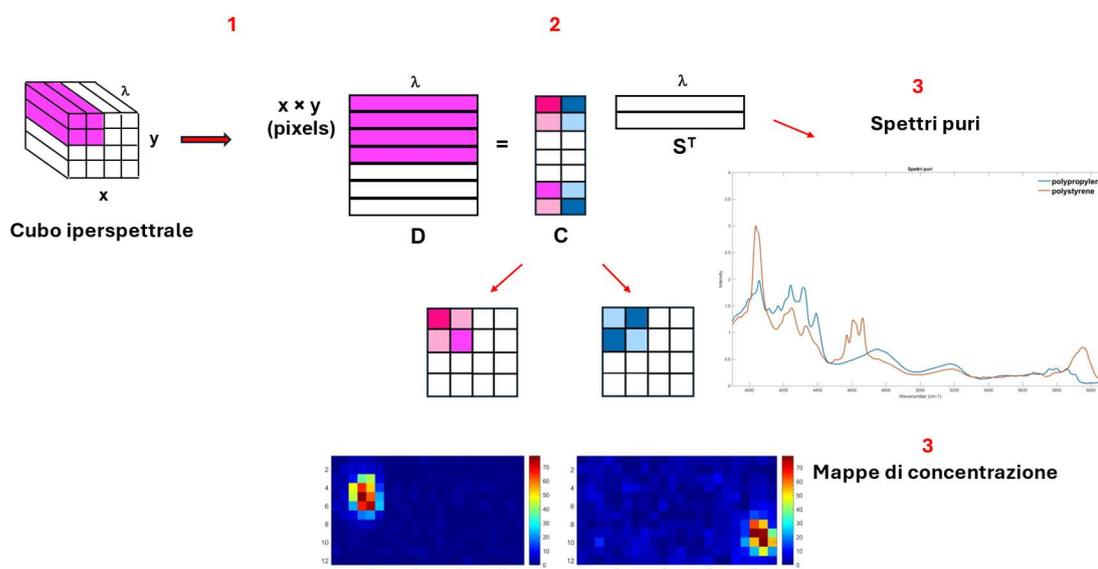


Figura 1 MCR-ALS: 1) un-folding del cubo iperspettrale nella matrice bidimensionale D ; 2) deconvoluzione iterativa nelle matrici di concentrazione C e degli spettri puri S ; 3) mappe di concentrazione e spettri puri estratti.

Sulle mappe di concentrazione è stata applicata una segmentazione automatica del background, consentendo l'isolamento automatico delle particelle e la determinazione del loro numero.

Le metodologie descritte sono state applicate a campioni di MP (<125 µm) depositati su filtri di cellulosa, ottenuti tramite filtrazione di sospensioni in solvente acquoso. Diversi polimeri sono stati selezionati in base alla loro rilevanza ambientale, quali: polipropilene (PP) e polistirene (PS), analizzati prima e dopo invecchiamento artificiale indotto dall'esposizione a radiazione UV, al fine di caratterizzare eventuali nuovi marker diagnostici.

La presente ricerca mette in evidenza come l'integrazione tra tecniche di imaging iperspettrale (HSI) e metodi chemiometrici avanzati permetta un'identificazione rapida e diretta delle microplastiche su filtro, rendendo tali approcci adatti a campagne di monitoraggio ambientale. Inoltre, i risultati ottenuti evidenziano l'efficacia dell'approccio analitico, estendendone le potenzialità anche per l'analisi di matrici ambientali complesse.

Riferimenti bibliografici:

- [1] S. Piarulli *et al.*, "Rapid and direct detection of small microplastics in aquatic samples by a new near infrared hyperspectral imaging (NIR-HSI) method," *Chemosphere*, vol. 260, p. 127655, Dec. 2020.
- [2] S. Piarulli *et al.*, "An effective strategy for the monitoring of microplastics in complex aquatic matrices: Exploiting the potential of near infrared hyperspectral imaging (NIR-HSI)," *Chemosphere*, vol. 286, p. 131861, Jan. 2022.

Analisi del rilascio degli additivi presenti nelle bioplastiche e il loro effetto su adulti di *Mytilus galloprovincialis*

Scala S¹, Fava S.², Samorì C.², Fabbri E.¹, Valbonesi P¹.

1 Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Università di Bologna, Campus di Ravenna, Italia; 2 Dipartimento di Chimica "Ciamician", Università di Bologna, Campus di Ravenna, Italia.

Keyword: Bioplastiche, Additivi, Lisciviati; Biomarker, *Mytilus galloprovincialis*

Tipo di submission: Poster

Abstract:

La plastica è uno dei materiali ad oggi più utilizzati, la cui enorme produzione ed utilizzo comporta diversi problemi ambientali qualora non sia riciclata correttamente e dispersa in ambiente, comportando la formazione di micro e nanoplastiche ed il rilascio di additivi potenzialmente dannosi (Williams & Rangel-Buitrago, 2022). Le bioplastiche, recentemente introdotte sul mercato come potenziale alternativa alle plastiche convenzionali, presentano le stesse problematiche qualora mal gestite e disperse in ambiente (Chen et al., 2021).

Il presente studio si è occupato di caratterizzare il contenuto di additivi organici ed inorganici contenuti in prodotti di uso comune in bioplastiche, la loro migrazione in acqua di mare e l'effetto di tali lisciviati su adulti di *Mytilus galloprovincialis* mediante l'utilizzo di una batteria di 7 biomarker: stabilità delle membrane lisosomiali (LMS) negli emociti mediante test di ritenzione del rosso neutro (NRR), accumulo di lipofuscine (LF) e lipidi neutri (NL) e LMS nella ghiandola digestiva; attività della glutatione-S-transferasi (GST), della catalasi (CAT) e dell'acetilcolinesterasi (AChE) mediante analisi spettrofotometriche.

I campioni analizzati sono stati rispettivamente: sacchetti del supermercato e sacchetti dell'umido a base di amido e polibutilene adipato-co-tereftalato (PBAT); bicchieri e cucchiari in polibutilene succinato (PBS) e acido polilattico (PLA), forchette in polipropilene (PP) e miscela a base di amido (PSM) e piatti in acido polilattico (PLA). I lisciviati di ogni campione sono stati ottenuti utilizzando acqua di mare artificiale e bioplastiche con concentrazione pari a 80 g/L (w/V) mediante agitazione in condizioni di buio e a temperatura ambiente per 14 giorni, ed infine filtrati a 0,22 µm (Capolupo et al., 2023).

Le analisi chimiche hanno dimostrato come gli oggetti di uso comune in bioplastica presi in esame siano principalmente costituiti da additivi organici non pericolosi/tossici né per l'uomo né per l'ambiente, ma che sono rilasciati facilmente in acqua, così come gli additivi inorganici. I test biologici non hanno riportato differenze significative tra gli organismi trattati e il controllo, questi risultati si contrappongono alle evidenze riportate in letteratura suggerendo un miglioramento nella struttura dei materiali in bioplastica che rilasciano meno additivi o all'utilizzo di additivi meno dannosi.

Riferimenti bibliografici:

1. Capolupo, M., Rafiq, A., Coralli, I., Alessandro, T., Valbonesi, P., Fabbri, D., & Fabbri, E. Bioplastic leachates characterization and impacts on early larval stages and adult mussel cellular, biochemical and physiological responses. *Environmental Pollution*, (2023), 319, 120951.
2. Chen, H., Feng, W., Chen, K., Qiu, X., Xu, H., Mao, G., Zhao, T., Wu, X., & Yang, L. Transcriptomic responses predict the toxic effect of parental co-exposure to dibutyl phthalate and diisobutyl phthalate on the early development of zebrafish offspring. *Aquatic Toxicology*, (2021), 235, 105838.
3. Williams, A. T., & Rangel-Buitrago, N. The past, present, and future of plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, (2022), 176, 113429.

Ringraziamenti:

Il lavoro è stato finanziato dal progetto PRIN2022 YHXCWP "Adverse impacts of plastic additive mixtures in the marine environment: from molecules to whole organism physiology".

Green Solvent-Based Direct Recovery of Cathode and Anode Materials from Lithium-Ion Batteries

F. Mascetti^a, A. Staffolani^{a,b}, F. Soavi^{a,b,c}

^aDepartment of Chemistry “Giacomo Ciamician”, Alma Mater Studiorum University of Bologna, Via P. Gobetti 85, Bologna (BO), 40129 Italy.

^bENERCube lab, Centro Ricerche Energia, Ambiente e Mare, Centro Interdipartimentale per la Ricerca Industriale Fonti Rinnovabili, Ambiente, Mare ed Energia (CIRI-FRAME)—Alma Mater Studiorum University of Bologna, Viale Ciro Menotti, 48, 48122 Marina di Ravenna, Italy

^cNational Reference Center for Electrochemical Energy Storage (GISEL)—INSTM, Via G. Giusti 9, 50121 Firenze, Italy

federico.mascetti2@unibo.it

Lithium-ion batteries (LIBs) continue to dominate the energy storage market. As global demand for these batteries rises, the development of efficient and sustainable recycling methods becomes increasingly critical.

One promising strategy is the direct recovery of active electrode materials from spent LIBs, enabling the reuse of valuable and often critical components in the production of new electrodes. For this approach, it is essential to detach the active materials from their respective current collectors [1]. Traditionally, this separation is achieved either by thermal decomposition of the polyvinylidene difluoride (PVdF) binder at approximately 400–500 °C [2], which results in the formation of hydrofluoric acid (HF) and other organofluorine compounds, or by using dipolar aprotic solvents such as N-methyl-2-pyrrolidone (NMP), N,N-dimethylformamide (DMF), and N,N-dimethylacetamide (DMAC). However, these solvents pose significant health risks—including hepatotoxicity, skin irritation, and reproductive toxicity (H312, H319, H332, H360)—and are therefore unsuitable for large-scale applications.

Recent research has explored greener alternatives to these hazardous solvents [3,4]. In this context, the present study investigates a sustainable direct recycling method for recovering both active materials and the PVdF binder from real LiCoO₂ cathode and graphite anode production scraps. The separation from aluminum and copper current collectors was carried out using triethyl phosphate, a green solvent. Process parameters—such as dissolution time, temperature, and solid-to-liquid ratio—were systematically optimized.

The recovered materials were characterized using X-ray Diffraction (XRD), Infrared Spectroscopy (IR), Thermogravimetric Analysis (TGA), and Differential Scanning Calorimetry (DSC). The results highlight the potential of this approach to contribute to innovative, scalable direct recovery strategies for LIBs, aligning with the goals of circular economy and resource efficiency among manufacturing companies.

Acknowledgement

This work has been carried out under the project RELY: Transformation of Recovered/recycled spent Lithium-ion Battery cathodes into porous materials for high power-energy storage at the Department of Chemistry “Giacomo Ciamician”, University of Bologna. A. Staffolani and F. Soavi acknowledge the MOST—Sustainable Mobility Center project, funded by the European Union Next-Generation EU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) e MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 e D.D. 1033 17/06/2022, CN00000023). This manuscript reflects only the authors' views and opinions; neither the European Union nor the European Commission can be considered responsible for them. F. M. acknowledges COMAS SPA for co-funding the PhD grant.

References:

- [1] He, L.-P.; Sun, S.-Y.; Song, X.-F.; Yu, J.-G. Recovery of cathode materials and Al from spent lithium-ion batteries by ultrasonic cleaning. *Waste Manage.* 2015, 46, 523-528.
- [2] Song, D.; Wang, X.; Zhou, E.; Hou, P.; Guo, F.; Zhang, L. Recovery and heat treatment of the Li(Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3})O₂ cathode scrap material for lithium ion battery. *J. Power Sources* 2013, 232, 348-352.
- [3] Bai, Y.; Essehli, R.; Jafta, C. J.; Livingston, K. M.; Belharouak, I. Recovery of cathode materials and aluminum foil using a green solvent. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2021, 9, 6048-6055
- [4] Bai, Y.; Hawley, W. B.; Jafta, C. J.; Muralidharan, N.; Polzin, B. J.; Belharouak, I. Sustainable recycling of cathode scraps via Cyrene-based separation. *Sustainable Materials and Technologies*, Volume 25, 2020, e00202, ISSN 2214-9937.