Attività finanziata con il contributo previsto nell'ambito dell'iniziativa Dipartimenti di Eccellenza MUR 2023-2027 (L. 232 del 01/12/2016)

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA | DIPARTIMENTO DI CHIMICA "GIACOMO CIAMICIAN"

cifla Centro per l'innovazione tecnologica e sociale

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA | DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOLOGICHE, GEOLOGICHE E AMBIENTALI

WORKSHOP
Plastiche & Ambiente

Data e luogo

Giovedì 06/06/24

Sala Cavalcoli, Ravenna

Info

Presentazione abstract: 19/04/24

Iscrizioni: 06/05/24

Per informazioni
frauseo@fondazioneflaminia.it
chiara.samori3@unibo.it

https://eventi.unibo.it/workshop-plastiche-ambiente-2024

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITÀ DI BOLOGNA | CENTRO INTERDIPARTIMENTALE DI RICERCA PER LE SCIENZE AMBIENTALI

Comune di Ravenna

TECNOPOLO RAVENNA

VINAVIL

SETAC

Società Chimica Italiana

HERAmbiente

B-Plas

Società Chimica Italiana

Fondazione Raul Gardini.

MICOPERI BLUE GROWTH

Programma

9.00-9.30 Registrazione e saluti di benvenuto

9.30-9.50 K1. Paola Fabbri - Plastica e ambiente: alla ricerca degli strumenti giusti per gestire una relazione difficile

9.50-11.20 Sezione 1. Monitoraggio in matrici ambientali: suolo, aria, acqua e biota

O1. Daniele Fabbri - Microplastiche: come ponderarle e rac-contarle

O2. Oriana Motta - First evidence of microplastics in human semen, follicular fluids and urine samples

O3. Andrea Paluselli - Inquinamento da fibre tessili in ambiente marino: acque marine intermedie e profonde del Mediterraneo come serbatoi di microfibre tessili di piccola taglia

O4. Eugenio Giovannetti - Sonde fluorescenti di chitosano per l'analisi di microplastiche in campioni ambientali

O5. Simona Ortelli - Caratterizzazione chimico-fisica e colloidale di microplastiche in matrici ambientali

O6. Marco Mattonai - Micro- e nanoplastiche nell'aria: sviluppo di un metodo quantitativo basato su pirolisi analitica con iniezione splitless

O7. Giorgia Sciutto - Exploiting the potentialities of hyperspectral imaging systems (HSI) for the rapid and direct detection of microplastics and tyre wear particles in environment matrices

***** Pausa caffè, Hotel NH*****

11.50-13.20 Sezione 2. Effetti biologici su organismi acquatici e terrestri: dalle microplastiche agli additivi

O8. Elena Fabbri - Microplastiche o additivi da esse rilasciati: cosa è peggio?

O9. Laura Canesi - Effetti di additivi delle plastiche nel modello di invertebrato marino Mytilus: il Bisfenolo A come caso di studio

O10. Beatrice De Felice - Approccio multilivello per la valutazione della tossicità di microplastiche derivate da oggetti in bioplastica nei confronti di *Daphnia magna*

O11. Simona Mondellini - Ingestione dimensione-dipendente e trasferimento trofico di microplastiche di polistirene in eucarioti unicellulari dulciacquicoli

O12. Michela Salamone - Valutazione della tossicità ambientale e della biodegradazione di materiali plastici in contatto con microorganismi isolati da sedimenti marini.

O13. Laura Sforzi - Gli ecosistemi invisibili: microplastiche nelle acque sotterranee e il loro impatto sulla biodiversità

O14. Valentina Iannilli - Impatti tossicologici delle microplastiche sugli anfipodi: evidenze nelle specie *Echinogammarus veneris* e *Cryptorchestia garbinii*

***** Pausa pranzo & Sessione poster, Al 45*****

15.00-15.20 Sezione 3. Il quadro normativo italiano sulle microplastiche

O15. Eleonora Brancaleone - Microplastiche nelle acque destinate al consumo umano: aspetti normativi ed effetti sulla salute

15.20-16.40 Sezione 4. Soluzioni alternative: plastiche sostenibili, riciclabili, biodegradabili nella ricerca accademica

O16. Anna Liguori - Materiali plastici sostenibili nella ricerca accademica

O17. Jessica Costa - Sviluppo di packaging attivo a base di chitosano nell'ottica dei principi dell'economia circolare

O18. Andrea Ricci - Sviluppo di strategie green per la depolimerizzazione di PET attraverso ingegneria proteica e coltivazione di microalghe

O19. Angelica Giovagnoli - Sintesi, caratterizzazione e applicazione di molecole lipofile come coating idrofobizzante per packaging di cellulosa

O20. Alice Caravella - Produzione di acetato di cellulosa a partire da scarti di lavorazione della vite

O21. Vittoria Bottau - The effect of the addition of biofiller in PVC artificial leather

16.40-17.45 Sezione 5. Soluzioni alternative: plastiche sostenibili, riciclabili, biodegradabili a livello industriale

O22. Giulia Gregori - Innovazione e tracciabilità nelle filiere della bioeconomia circolare

O23. Sofia Pesce - Il riciclo del PET: dalla Bottiglia al granulo PET riciclato food-contact

O24. Francesco Romano - Una nuova soluzione per il riciclo: il tracer-based-sorting

O25. Alisar Kiwan - Upcycling dei fanghi di scarto: l'innovativo processo B-Plas

O26. Giorgia Giusti - Trattamenti chimici e fisici della cellulosa per applicazioni nell'ambito dell'imballaggio alimentare

17.45-18.00 Premiazione miglior poster e chiusura lavori

Comunicazioni poster

P1. Francesco Arfelli - Analisi del ciclo di vita della plastica: stato dell'arte e prospettive

P2. Cristina Luccarini - Interferenti endocrini derivati dalle plastiche nelle acque superficiali interne e marine costiere: evento alluvionale del 2023 in Emilia-Romagna

P3. Lavinia Casati - Effetti molecolari, biochimici e comportamentali indotti dalle nanoparticelle di polistirene in *Daphnia magna*

P4. Luigi Gamberini - Miscele polimeriche di acido polilattico con materiali termoindurenti biobased, chimicamente riciclabili e self-healing

P5. Matteo Calosi - Produzione di calze per l'allevamento di cozze a base di plastica bio-based da riciclo secondario e studio delle loro proprietà di biodegradazione

P6. Stefano Farioli Vecchioli - Inhalation of nanoplastics in the mouse model: tissue biodistribution and effects on the olfactory system

P7. Alessandro Girolamo Rombolà - Approccio multi-analitico allo studio delle bioplastiche in ambiente

P8. Serena Scala - Analisi degli additivi delle bioplastiche ed effetti di tossicità sui primi stadi vitali di *Mytilus galloprovincialis*

P9. Eleonora Conterosito - Quantificazione della fotodegradazione delle microplastiche: luci ed ombre della spettroscopia micro-FTIR

P10. Costanza Scopetani - Pacciamatura: valutazione del trasferimento di contaminanti e confronto tra materiali plastici convenzionali e biodegradabili.

P11. Marco Scaramelli - Parking Lots as a Source of Microplastics in Urban Environments: Site Characterization and First Effects on Model Springtail Species

P12. Susanna Guernelli - Biochar e microplastiche: decontaminazione biocompatibile?

P13. Irene Coralli - Approccio analitico multi-tecnica per lo studio delle eco-interazioni tra nanoplastiche e polline

P14. Vanessa Spadavecchia - Scale-up of multilayer packaging delamination process using CO2-switchable surfactants.

P15. Stefania Federici - Sviluppo di materiali test ad elevata rilevanza ambientale per l'analisi di micro- e nanoplastiche

P16. Massimo Zacchini - Valutazione della tossicità e del trasferimento trofico in *Spirodela polyrhiza* (L) Schleid. e *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865) esposti a microparticelle di polietilene

P17. Clara Duca - Individuazione di sostanze microinquinanti provenienti da acque fluviali e di scarico urbane

P18. Vittoria Stefanelli - Approccio innovativo alla produzione di Poliidrossialcanoati (PHA): alimentazione disaccoppiata di Carbonio e Azoto e prelievo anticipato della biomassa

P19. Marco Parolini - Valutazione ecotossicologica di nuovi materiali derivati da plastiche miste non riciclabili

P20. Marco Parolini - Sviluppo di una metodica standardizzata per l'identificazione e la caratterizzazione delle microplastiche aerodisperse in ambiente lavorativo

P21. Martina Franchini - Characterisation of the algal-bacterial consortium in polyhydroxybutyrate (PHB)-producing mixotrophic cultures of *Desmodesmus communis*

P22. Valentina Iannilli - Small MICROplastics (<100 μm) bioindicaToRs in the changing Arctic EnviRonment. Il progetto MICROTRACER

P23. Chiara Capolungo - Sviluppo di nuovi sensori luminescenti a base di acido ialuronico per il rilevamento di micro- e nanoplastiche

P24. Adriano Palazzi - Analisi della contaminazione da micro- e macroplastiche nei fontanili lombardi

P25. Vincenzo Villani - Modello cinetico della degradazione della plastica in mare da Macro a Micro e Nanoplastica

P26. Chiara Lenzi – Synthesis and immobilization of iron-based N-heterocyclic carbene complexes for water oxidation

P27. Serena Benedetta Cabigliera - Sinergia Microbica: Esplorazione del Biorisanamento e della Dinamica delle Microplastiche nella Resilienza Ambientale

P28. Leonardo Barlucchi - Studio della degradazione di plastiche biodegradabili durante invecchiamento accelerato in acqua di mare

P29. Andrea Piazzi - FURTHER – FURans THechnology in Emilia Romagna

P30. Angela Pintus - Valorizzazione di scarti plastici mediante funzionalizzazione con ossido di grafene e riuso per processi di adsorbimento specifico

P31. Andrea Trifoglio - Recupero di rifiuti plastici dell'industria biomedicale e loro riuso come adsorbenti per la rimozione di inquinanti emergenti nelle acque

P32. Angelica Germinario - Time-gated recycling of plastic with silicon quantum dots

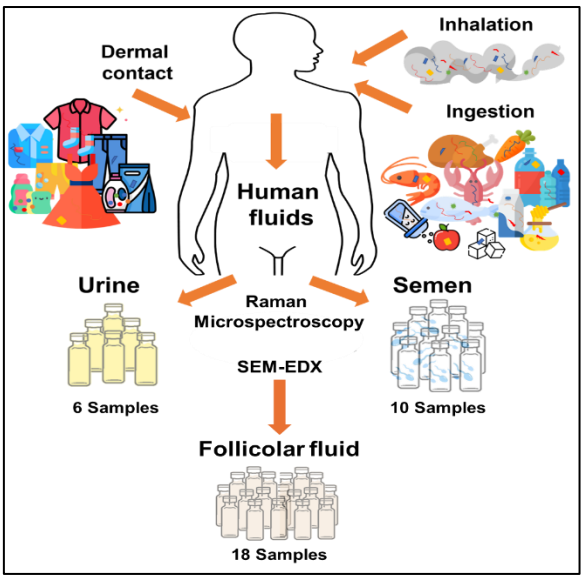
First evidence of microplastics in human semen, follicular fluids and urine samples

Motta O.[1], Ricciardi M.[2], Piscopo M.[3], Giorgini E.[4], Raimondo S.[5], Ferrante M.[6], Montano L.[7,8].
[1]Department of Medicine Surgery and Dentistry "Scuola Medica Salernitana", University of Salerno, Via S. Allende, 84081 Baronissi (SA), Italy;
[2]Department of Chemistry and Biology, University of Salerno, via Giovanni Paolo II, 84084 Fisciano (SA) Italy;
[3]Department of Biology, University of Naples Federico II, Via Cinthia, 21, 80126 Naples, Italy;
[4]Department of Life and Environmental Sciences, DiSVA, Università Politecnica Delle Marche, 60121 Ancona, AN, Italy
[5]"Gentile s.a.s." research center - Gragnano (NA), Italy;
[6]Environmental and Food Hygiene Laboratory (LIAA), Department of Medical, Surgical and Advanced Technology "G.F. Ingrassia", University of Catania, Catania, Italy; International Society of Doctors for Environments - ISDE, Catania Section, Italy;
[7]Andrology Unit and Service of Lifestyle Medicine in UroAndrology, Local Health Authority (ASL) Salerno, Coordination Unit of the Network for Environmental and Reproductive Health (Eco-Food Fertility Project), "S. Francesco di Assisi Hospital", 84020 Oliveto Citra, SA, Italy; [8]PhD Program in Evolutionary Biology and Ecology, University of Rome "Tor Vergata", 00133 Rome, Italy

Keyword: plastic pollution, microplastics, human reproductive health, fertility, urine samples

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Microplastics (MPs), i.e. plastic particles with a diameter lower than 5 mm, reach the environment through various routes such as improper disposal of plastic waste, industrial and domestic discharge, atmospheric transport, wet and dry deposition, use of sewage sludge and plastic mulching in agricultural land. Based on their origin, MPs can be classified as primary (intentionally manufactured particles) or secondary (derived from the deterioration of larger plastics) [1]. Recent studies related to the presence of microplastics in the environment have highlighted the contamination of air, water, food, and soil, and, hence, it is not surprising to detect these pollutants in human samples, too [2]. The human body's exposure to microplastics occurs through ingestion (seafood, drinking water and fruits), inhalation and dermal contact [3].
The present work is a preliminary study to assess the presence of MPs in particular human fluids such as urine, semen and ovarian follicular fluid to understand the evolution of MPs after the intake process and their possible accumulation in the human body.



Outline of the study.

Urine and semen samples, collected from volunteers coming from different cities in the south of Italy, have been analysed by Raman Microspectroscopy, whereas MPs in ovarian follicular fluid from women undergoing assisted reproductive treatment were identified by Scanning Electron Microscopy and Energy-Dispersive X-

Ray Spectroscopy (SEM-EDX). Environmental and procedural blanks were also analyzed to rule out any possible contamination during the analysis, and no MPs were found.
Microplastics in urine samples ranged from 4 to 15µm, while smaller fragments (2–6 µm) were found in semen. As regards the chemical composition, the most common polymers present in daily life, including polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene terephthalate (PET), polyethylene (PE), polyoxymethylene (POM), polyvinylchloride (PVC), polycarbonate (PC) and polyvinyl alcohol (PVA), were identified by Raman Microspectroscopy. For ovarian follicular fluid, SEM-EDX analyses allowed to identify an average of 2191 MP particles/mL (0 - 7181paricles/mL), with a mean diameter of 4.48 µm (3.18-5.54 µm).
In conclusion, for the first time, we identified and quantified MPs in urine, semen and ovarian follicular fluid samples from volunteers coming from different cities in the south of Italy.
We believe that the scientific research should focus on new methodologies and analytical protocols able to evaluate the effects of MPs in humans and animals, to better characterize the level of risk and to understand the possible transportation routes in biological fluids and tissues.

Riferimenti bibliografici:

1. Ricciardi, M.; Pironti, C.; Motta, O.; Miele, Y.; Proto, A.; Montano, L. Microplastics in the Aquatic Environment: Occurrence, Persistence, Analysis, and Human Exposure. *Water* **2021**, *13*, 973, doi:10.3390/w13070973.
2. Pironti, C.; Ricciardi, M.; Motta, O.; Miele, Y.; Proto, A.; Montano, L. Microplastics in the Environment: Intake through the Food Web, Human Exposure and Toxicological Effects. *Toxics* **2021**, *9*, 224, doi:10.3390/toxics9090224.
3. Prata, J.C.; da Costa, J.P.; Lopes, I.; Duarte, A.C.; Rocha-Santos, T. Environmental Exposure to Microplastics: An Overview on Possible Human Health Effects. *Science of The Total Environment* **2020**, *702*, 134455, doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134455.

Inquinamento da fibre tessili in ambiente marino: acque marine intermedie e profonde del Mediterraneo come serbatoi di microfibre tessili di piccola taglia

Andrea Paluselli[1*], Giuseppe Suaria[1], Marta Musso[1], Deborah Bassotto[1], Giulia Vitale[1], Mireno Borghini[1], Stefano Aliani[1]

[1] CNR-ISMAR (Institute of Marine Sciences–National Research Council), La Spezia 19032, Italy.

Keyword: microplastiche, microfibre tessili, contaminazione

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Microfibte tessili (MF) sono onnipresenti negli ambienti naturali e sono oggi considerati rifiuti antropogenici di preoccupazione globale. Ogni anno vengono rilasciati nell'oceano circa 2 milioni di tonnellate di MF e una volta nell'ambiente marino si può ipotizzare che il loro accumulo e trasporto siano in gran parte controllati da processi oceanografici. La produzione globale di fibre tessili, sia sintetiche che naturali, è più che raddoppiata negli ultimi 20 anni, raggiungendo i 107 milioni di tonnellate nel 2018, e si prevede che raggiungerà i 145 milioni di tonnellate nel 2030. I polimeri sintetici dominano il mercato soltanto nelle ultime due decadi, quando hanno superato il cotone come tipologia di fibra dominante. Le fibre sintetiche oggi rappresentano quasi i due terzi della produzione globale di fibre e il 14,5% della produzione di plastica. Gli usi principali delle fibre tessili sono abbigliamento, arredamento, settore automobilistico e altre applicazioni industriali come l'edilizia, e la cura personale. Il consumo crescente e di prodotti tessili ha portato all'accumulo di abbondanti quantità di queste fibre nell'ambiente naturale, con tempi di degradazione al momento ignoti. Un gran numero di fibre viene scaricato nelle acque reflue dal lavaggio di vestiti e indumenti ed entrano nell'ambiente principalmente attraverso gli effluenti delle acque reflue, la deposizione aerea o attraverso l'applicazione di fanghi contaminati su terreni agricoli. Di conseguenza, le fibre tessili sono ora il tipo più diffuso di particelle di origine antropica rilevate dalle indagini sull'inquinamento da microplastiche in tutto il mondo, rappresentando spesso l'80-90% dei conteggi di microplastiche. Concentrazioni sostanziali di questo contaminante emergente sono state rilevate nell'ambiente marino, nelle zone polari, nei sedimenti marini profondi e costieri, nonché negli ecosistemi terrestre, di acqua dolce e in campioni atmosferici. Effetti nocivi sulla salute dovuti all'ingestione di microfibre sono stati osservati negli invertebrati marini, d'acqua dolce e terrestri, ma attualmente non sono disponibili prove di danno per gli organismi selvatici esposti a concentrazioni di fibre rilevanti dal punto di vista ambientale e la nostra comprensione del loro impatto sulle popolazioni naturali è ancora molto limitata. Inoltre, durante la produzione tessile naturale e sintetica viene utilizzata un'ampia varietà di sostanze chimiche, inclusi coloranti, additivi e ritardanti di fiamma, sollevando preoccupazioni sul ruolo delle fibre come vettori di sostanze pericolose nell'ambiente. Questo intervento ha lo scopo di presentare i dati di uno studio effettuato sulla presenza, distribuzione e caratterizzazione di microfibre tessili nella colonna d'acqua, dalla superficie alle acque profonde e sul trasporto e scambio tra bacini Mediterranei. I nostri risultati suggeriscono che: i) c'è un apporto predominante di MF sulle acque superficiali attraverso la deposizione atmosferica; ii) La distribuzione verticale delle MF è dipendente dalla taglia; iii) il trasporto delle MF tra i bacini del Mediterraneo è mediato dalle acque levantine; iv) una potenziale esportazione di MF verso le acque profonde avviene nel Mar Tirreno.

Sonde fluorescenti di chitosano per l'analisi di microplastiche in campioni ambientali

Eugenio Giovannetti[1], Chiara Capolungo[1], Matteo Cingolani[1], Mareike Schumacher[2], Damiano Genovese[1], , Enrico Rampazzo[1], Nelsi Zaccheroni[1],Luca Prodi[1].
[1]Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Alma Mater Studiorum – Università of Bologna, Bologna, Italia;
[2]Istituto di Ricerca Leibniz sui Polimeri, Dresda, Germania;

Keyword: Microplastiche, Polimeri, Fluorescenza, Raman, Ambiente

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:
L'inquinamento ambientale da materie plastiche è in aumento esponenziale, a causa delle quantità prodotte e dei lunghi tempi di permanenza nell'ambiente. Tanto gli oggetti di grandi dimensioni, quanto i frammenti nell'ordine dei micrometri e nanometri costituiscono un serio problema per l'ecologia[1]; in particolare, i frammenti più piccoli presentano i maggiori rischi per la salute dell'uomo e degli animali, sebbene ancora solo parzialmente noti, soprattutto per via della mancanza di regolamentazioni complete e di metodi analitici condivisi ed affidabili per la loro identificazione e quantificazione [2].
Il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato di recente sonde fluorescenti per l'analisi quantitativa di micro- e nano-plastiche, sfruttando la funzionalizzazione di biopolimeri (acido ialuronico[3] e chitosano) e utilizzando la microscopia di fluorescenza, una tecnica veloce, semplice, con risoluzione spaziale inferiore al micrometro e con sensibilità tale da riuscire a rilevare fino a singole molecole luminescenti.
Le performance dei biopolimeri sintetizzati sono state studiate al variare del loro peso molecolare e tramite funzionalizzazione con diverse molecole fluorescenti. La libreria di biopolimeri multifluoroforici sviluppata nel nostro gruppo permette la rilevazione di nanoplastiche di dimensione minima 100 nm. Inoltre, mediante un approccio di co-marcatura con altre sonde fluorescenti, è possibile rilevare microplastiche anche in campioni ambientali complessi evitando lunghi pre-trattamenti. La co-marcatura, che abbiamo messo a punto anche tramite microscopia correlativa di fluorescenza e Raman, sfrutta una combinazione di vari coloranti e relativi segnali di fluorescenza, può ovviare al problema della bassa selettività delle sonde fluorescenti convenzionali, ed ha permesso di distinguere microplastiche da altri interferenti.

Riferimenti bibliografici:

1. "Sources, Fate And Effects Of Microplastics In The Marine Environment: A Global Assessment"; *GESAMP 2015*
2. C. Capolungo, D. Genovese, M. Montalti, E. Rampazzo, N. Zaccheroni, and L. Prodi, "Photoluminescence-Based Techniques for the Detection of Micro- and Nanoplastics"; *Chem. Eur. J.,* 2021, 27, 17529–17541
3. M. Cingolani, E. Rampazzo, N. Zaccheroni, D. Genovese and L. Prodi, "Fluorogenic hyaluronan nanogels for detection of micro- and nanoplastics in water"; *Environ. Sci.: Nano*, 2022, 9, 582-588

Caratterizzazione chimico-fisica e colloidale di microplastiche in matrici ambientali

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 (ISSMC-CNR), Faenza, Italia

Keyword: Microplastiche; Mezzi ambientali; Caratterizzazione colloidale

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Le microplastiche (MP) possono essere incluse nelle nuove classi di inquinanti emergenti, particolarmente rilevanti nel dibattito scientifico e politico, e considerate possibili fonti di rischio per la salute ambientale e dell'uomo, la fauna e la flora acquatica. Il termine "microplastiche" è stato utilizzato per la prima volta nel 2004 da Thompson in riferimento a frammenti di plastica con dimensioni di circa 20 µm raccolti sulle spiagge e nei mari inglesi[1]. Il principale problema legato all'inquinamento causato dalla plastica, nelle sue diverse dimensioni, è la sua persistenza nell'ambiente, dove si accumula ed entra in contatto con il compartimento biotico[2]. Inoltre, al diminuire delle dimensioni, aumenta la probabilità che i frammenti vengano assorbiti da organismi (ad esempio particelle inferiori a 150 µm sono in grado di attraversare la barriera intestinale dei mammiferi[3]) e di conseguenza aumentano i rischi espositivi associati.
Questo lavoro mira a caratterizzare le principali proprietà chimico-fisiche, morfologiche e colloidali di MP modello: polietilene a bassa densità (LDPE) e poliuretano (PU) esposte in mezzi ambientali, acqua marina (Egg water, EW) e di fiume (Elendt M7). Le MP modello sono state selezionate in quanto LDPE e PU sono materiali disponibili in commercio e comunemente utilizzate come additivi all'interno di svariati prodotti, quali cosmetici a risciacquo, detergenti e vernici.
Per indagare il comportamento delle MP in ambiente acquoso abbiamo misurato il potenziale Zeta (PZ) in funzione del pH e verificato la capacità adsorbente nei confronti del rame disciolto, utilizzato come metallo target, allo scopo di simulare la loro reattività in acque inquinate da metalli pesanti.
I risultati hanno permesso di individuare alcune tendenze nei comportamenti delle MP, in particolare legate alla concentrazione di ioni nei mezzi acquosi. Dalle analisi è emerso che, per la maggior parte dei campioni, le modifiche della stabilità colloidale avvengono in tempi brevi di esposizione, ovvero entro 1 h. Nello specifico si è osservato l'attesa destabilizzazione del sistema colloidale (schiacciamento della curva PZ/pH) se si passa da acqua distillata alle acque rilevanti per l'esposizione ambientale: acqua salata (EW) e acqua di fiume (M7). In particolare, si osserva uno shift verso pH acidi del punto isoelettrico (punto nel quale si neutralizza lo ZP), dovuto all'adsorbimento specifico di anioni, più marcato nel caso dell'acqua di fiume M7 (Figura 1). Questo si riflette nel mantenimento di una carica negativa su tutto il range di pH investigato che giustifica anche la marcata maggiore capacità adsorbente nei confronti del rame dei campioni dispersi in M7, come si osserva in Figura 2. Le osservazioni condotte hanno permesso di verificare il comportamento colloidale e la capacità di adsorbire metalli, potenzialmente disciolti in soluzione acquosa di MP disperse in mezzi rilevanti per l'esposizione ambientale, offrendo indicazioni utili per la stima e l'interpretazione di potenziali effetti eco-tossicologici.

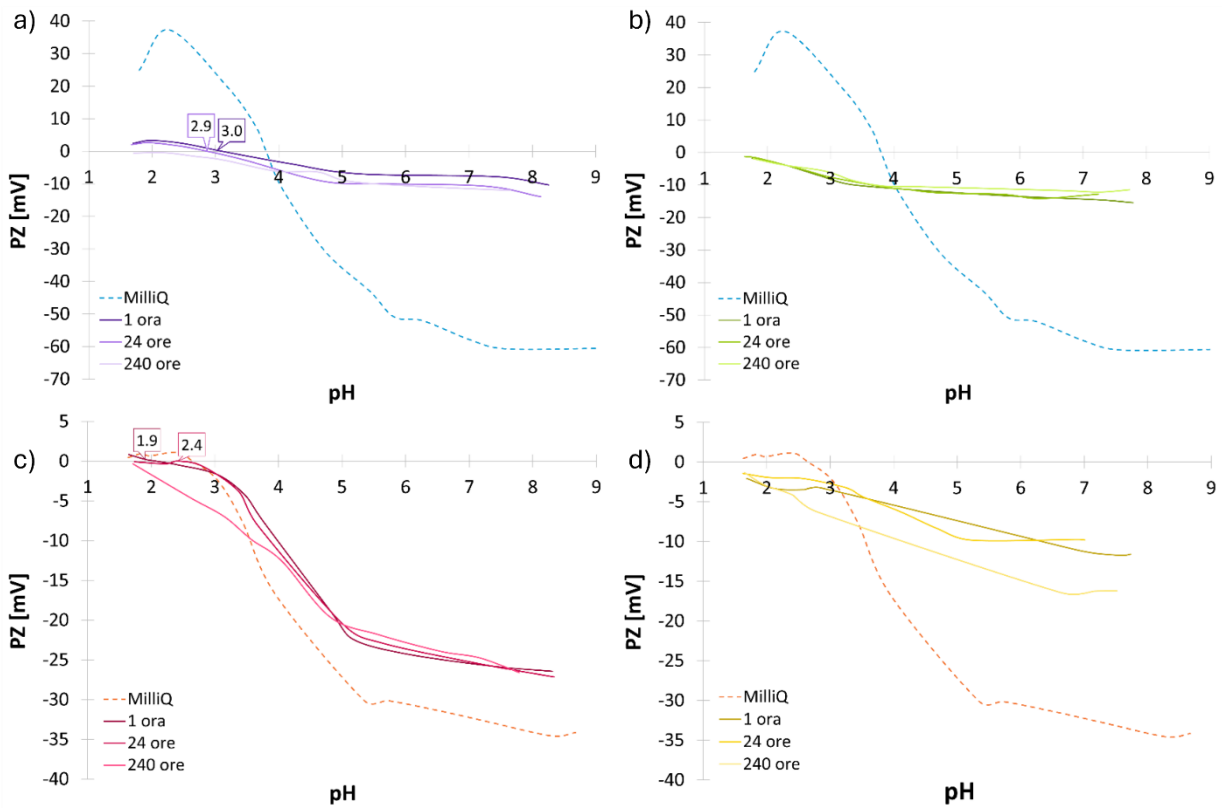


Figura 1. Curva potenziale Zeta (PZ) vs pH di a) LDPE in EW; b) LDPE in M7; c) PU in EW e d) PU in M7.

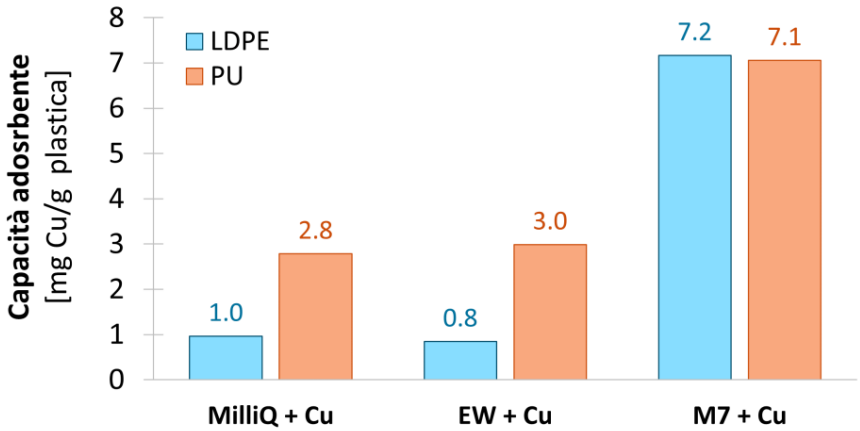


Figura 2. Confronto tra la percentuale di Cu adsorbita dalle microsfere di LDPE e PU nei mezzi: acqua MilliQ, acqua marina (EW) e di fiume (M7).

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. Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D., Russell, A.E., Lost at sea: where is all the plastic? Science 2004, 304, 838.
2. Wu, W.M., Yang, J., Criddle, C.S., Microplastics pollution and reduction strategies. Front. Environ. Sci. Eng. 2017, 11, 1–4.
3. van Raamsdonk, L.W.D., van der Zande, M., Koelmans, A.A., Hoogenboom, R.L.A.P., Peters, R.J.B., Groot, M.J., Peijnenburg, A.A.C.M., Weesepoel, Y.J.A., Current Insights into Monitoring, Bioaccumulation, and Potential Health Effects of Microplastics Present in the Food Chain. Foods 2020, 9, 72.

Micro- e nanoplastiche nell'aria: sviluppo di un metodo quantitativo basato su pirolisi analitica con iniezione splitless

Marco Mattonai[1], William Pipkin[2,3], Leonardo Barlucchi[1], Greta Biale[1], Jacopo La Nasa[1], Francesca Modugno[1], Norio Teramae[2], Shogo Kumagai[3], Atsushi Watanabe[2], Chuichi Watanabe[2]
[1]Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa, Pisa, Italia
[2]Frontier Laboratories Ltd., Koriyama, Giappone
[3]Graduate School of Environmental Studies, Università di Tohoku, Sendai, Giappone

Keyword: pirolisi analitica; spettrometria di massa; particolato atmosferico; microplastiche

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: La presenza di micro- e nanoplastiche nell'aria (airborne micro- and nanoplastics, AMNP) è stata confermata da studi recenti [1]. Le AMNP costituiscono una frazione relativamente piccola del particolato atmosferico, ma il loro comportamento durante la sospensione nella colonna d'aria è ancora poco conosciuto. La ricerca in questo campo è agli albori, e sono disponibili ben poche informazioni sulla massa di AMNP sospese, sulla loro evoluzione nel tempo, e sulle loro interazioni con l'ambiente e gli organismi viventi.
Benché la maggior parte degli studi sulle AMNP siano stati condotti mediante tecniche spettroscopiche, la pirolisi analitica accoppiata alla gas cromatografia e spettrometria di massa (Py-GC-MS) si è rivelata anch'essa una tecnica potente per ottenere informazioni sulla massa ed i tipi di AMNP [2]. L'uso di questa tecnica per l'analisi quantitativa delle plastiche nel particolato atmosferico presenta nuove sfide, tra cui la bassa percentuale di AMNP rispetto agli altri tipi di particolato, e l'elevato rischio di contaminazione del campione durante il trasporto e il pretrattamento. Le metodologie basate su Py-GC-MS per la quantificazione delle AMNP richiedono dunque approcci innovativi, specialmente alla luce della necessità di fornire dati sulla loro presenza nelle diverse frazioni dimensionali del particolato atmosferico, e sul loro accumulo in scale temporali brevi.
In questo studio verranno esplorate le principali sfide poste dall'analisi di AMNP mediante pirolisi analitica. Lo studio in questione nasce dalla collaborazione tra il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa e l'azienda Frontier Laboratories, con l'obiettivo di sviluppare un metodo per la quantificazione delle AMNP secondo i criteri stabiliti dall'American Society for Testing and Materials (ASTM). Saranno discussi i principali punti critici individuati durante lo sviluppo del metodo, inclusa la scelta della strumentazione di campionamento, la rimozione di interferenti, e l'impiego di una nuova strumentazione che consente di accoppiare la pirolisi analitica con l'iniezione GC-MS in modalità splitless [3]. Infine, saranno mostrati i risultati di una campagna di campionamento del particolato atmosferico nella città di Osaka.

Riferimenti bibliografici:

1. D. Luo, X. Chu, Y. Wu, Z. Wang, Z. Liao, X. Ji, J. Ju, B. yang, Z. Chen, R. Dahlgren, M. Zhang, X. Shang, Micro- and nano-plastics in the atmosphere: A review on occurrence, properties and human health risks. Journal of Hazardous Materials 2024, 465, 133412.
2. H. Mizuguchi, H. Takeda, K. Kinoshita, M. Takeuchi, T. Takayanagi, N. Teramae, W. Pipkin, K. Matsui, A. Watanabe, C. Watanabe, Direct analysis of airborne microplastics collected on quartz filters by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 2023, 171, 105946.
3. K. Tei, M. Matsueda, K. Matsui, T. Ishimura, A. Watanabe, W. Pipkin, N. Teramae, H. Ohtani, C. Watanabe, Highly sensitive detection of polystyrene by on-line splitless pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry with cryo-trapping of pyrolyzates and forced venting of carrier gas. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 2022, 16, 105707.

Exploiting the potentialities of hyperspectral imaging systems (HSI) for the rapid and direct detection of microplastics and tyre wear particles in environment matrices

Sciutto G.[1], Catelli E.[1], Malegori C.[2], Prati S.[3], Mazzeo R., Oliveri P.
[1] Department of Chemistry G. Ciamician, University of Bologna, Ravenna Campus, Via Guaccimanni, 42, Ravenna, 48121, Italy; [2] Department of Pharmacy (DIFAR), University of Genova, Viale Cembrano, 4, Genova, 16148, Italy

Keyword: microplastics, near infrared hyperspectral imaging, X-ray fluorescence, visible reflectance, chemometrics

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Contamination by microplastics (MP) represents a critical environmental challenge with potential consequences at ecosystem, economic and societal levels. Their detection, quantification, and characterization are nowadays one of the biggest technological challenges, representing a current analytical issue. Significant lacks are still present in the evaluation of the effect of MP dimensions, morphology, and polymeric typologies as influencing factors in the analytical investigation. Moreover, very few studies have been properly conducted on the aging processes that occur in the environment.
To address these issues, the potentialities of hyperspectral imaging (HSI) systems are being exploited to propose new solutions for the fast and direct detection of MP on filters, avoiding visual pre-sorting or multiple sample purifications, time consuming procedures, airborne contaminations, particle degradation and loss.
In particular, in the present study, a near-infrared hyperspectral imaging (NIR-HSI) method is presented for the detection of MP down to 50 µm in surface water and mussel soft tissue samples. NIR-HSI images were acquired recording a short-wave infrared (SWIR) spectrum, in the region between 1000 and 2500 nm, for each pixel of the image. An automated normalised difference image (NDI) strategy for data processing was applied, also significantly reducing the time required for data processing and evaluation, and able to enhance spectral differences between the cellulose background of the filter and the polymer of the MP. The method was successful in identifying different polymers (polypropylene, polystyrene, and polyamide).
Additionally, new advances in the characterization of tyre and road wear particles (TRWPs) are presented, by using a new analytical set-up, able to co-register X-ray fluorescence (XRF, 0–48 keV) data, together with visible & near-infrared (VNIR, 400–1100 nm) and short-wave infrared reflectance (SWIR, 1100–2500 nm) spectra. While TRWPs are known to be characterized by specific elemental signatures, the mentioned inherent challenge in analysing TRWPs, due to their black colour, poses difficulties in VNIR and SWIR reflection modes. Despite this, employing VNIR spectroscopy was proven to be a fruitful approach, enabling the rapid and efficient identification of particles according to their reflectance values with respect to the white background. Exploiting these values, masks were created in the visible domain and used to isolate XRF signals specifically from areas where TRWPs were present. Furthermore, the XRF spectra extracted offer a wealth of compositional data that can be submitted to further analysis using multivariate techniques, such as principal component analysis (PCA). These techniques provide researchers with a robust tool for assessing the composition and uniformity of tyre wear particles, enabling them to discern subtle variations and patterns within the data.

Microplastiche o additivi da esse rilasciati: cosa è peggio?

Fabbri E.[1], Valbonesi P[1]., Samorì C.[2]
1 Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna Campus di Ravenna, Ravenna Italia.
2 Dipartimento di Chimica "Ciamician" Università di Bologna Campus di Ravenna, Ravenna Italia.

Keyword: Microplastiche, bioplastiche, additivi, ambiente marino, Mytilus galloprovincialis.

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:
Le plastiche sono materiali versatili, economici, durevoli che hanno contribuito a numerosi progressi tecnologici. Le stesse caratteristiche hanno però determinato la sempre maggiore produzione e la persistenza in ambiente per centinaia di anni. Le plastiche ben prima di degradarsi si frammentano, causando la formazione di microplastiche (MP), di cui ancora oggi sappiamo relativamente poco in merito all'assorbimento, distribuzione, metabolismo ed escrezione da parte degli organismi. Concentrando la nostra attenzione sull'ambiente marino, dati sperimentali dimostrano che le MP vengono assunte da vertebrati e invertebrati con possibile detrimento delle funzioni fisiologiche (1) dovuto soprattutto a processi di ostruzione fisica che riducono il tasso di alimentazione, l'assorbimento dei nutrienti nell'intestino o dell'ossigeno nelle branchie, portando a ridotto successo riproduttivo, indebolimento del sistema immunitario e maggiore suscettibilità ad altri fattori di stress. Un problema letteralmente esploso nella recente letteratura scientifica riguarda il rilascio degli additivi, normali costituenti delle plastiche aggiunti ai polimeri durante la produzione per migliorare le caratteristiche dei prodotti (2). Fra questi vi sono centinaia di sostanze, fra cui ritardanti di fiamma bromurati, bisfenoli, ftalati, metalli, etc. La concentrazione degli additivi è di ordini di grandezza maggiore rispetto a quella delle sostanze chimiche "assorbite" dalle MP nell'ambiente, pertanto questi rappresentano un rischio considerevolmente più elevato per gli organismi esposti, finora sottostimato. Risultati del nostro laboratorio, insieme ad altri, dimostrano gli effetti tossici delle miscele di additivi rilasciati dalle plastiche in acqua di mare su alghe e mitili. Recenti e inattese evidenze indicano che MP prive di additivi non causano tossicità per batteri e alghe, a fronte invece di elevata tossicità della combinazione. L'introduzione delle bioplastiche mira ad eliminare gradualmente l'uso di polimeri derivati da prodotti petrolchimici. Tuttavia anche le bioplastiche contengono additivi. Della loro tossicità si conosce meno rispetto alle convenzionali, ma chiare evidenze anche del nostro laboratorio mostrano che frammenti di bioplastiche in acqua di mare producono lisciviati con effetti tossici su mitili, adulti o in fase embrionale. Le analisi chimiche target e non target hanno evidenziato che gli additivi rilasciati da plastiche e bioplastiche sono centinaia e diversi da plastica a plastica, e molti non sono ancora stati identificati (3). L'impossibilità di avere una lista completa degli additivi presenti nelle plastiche indica quanto poco sappiamo sulla composizione di molti prodotti di uso comune e che per gestione inadeguata sono destinati al mare. Occorre quindi l'utilizzo di approcci ecofisiologici ed ecotossicologici che possano discriminare tra gli effetti delle MP e quelli degli additivi, nonchè fornire informazioni sui bersagli cellulari. Questo è particolarmente importante considerando anche che gli additivi possono diffondersi rapidamente dai frammenti ai tessuti biologici dopo l'ingestione di MP. Essendo costituenti di miscele, sono ipotizzabili molteplici meccanismi di tossicità negli organismi recettori, Uomo compreso.

1. Alimba, C.G., Faggio C. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile Environmental Toxicology and Pharmacology 2019, 68: 61-74
2. Gunaalan K, Fabbri E., Capolupo M. The hidden threat of plastic leachates: A critical review on their impacts on aquatic organisms. *Water Research* 2020, 184: 116170 (1-15)
3. 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 (1-11)

Effetti di additivi delle plastiche nel modello di invertebrato marino *Mytilus*: il Bisfenolo A come caso di studio

Laura Canesi[1], Teresa Balbi[1]

[1]Dipartimento Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV), Università di Genova

Keyword: ***additivi delle plastiche, bisfenoli, organismi marini, mitili, larve***

Tipo di submission: Presentazione orale

Il Bisfenolo A (BPA) è un additivo ampiamente utilizzato nella produzione di polimeri (plastiche e resine), con diverse applicazioni in prodotti industriali e rivestimenti alimentari. A causa della sua massiccia produzione e rilascio(1), il BPA è ampiamente diffuso in ambiente, dove rappresenta un rischio significativo per la salute dell'uomo e degli ecosistemi naturali. Infatti, è stato dimostrato che il BPA agisce come interferente endocrino e ha un impatto su altri processi fisiologici in diversi sistemi biologici. Sulla base di recenti evidenze scientifiche sugli effetti del BPA sul sistema immunitario, l'EFSA ne ha recentemente ridotto la dose giornaliera tollerabile da 4 µg a 0.2 ng/kg(2).
Nell'ambiente marino il BPA è presente a concentrazioni da ng a µg/L(3), con effetti significativi documentati su diversi organismi. In questo lavoro, vengono riassunti i dati ad oggi ottenuti sugli effetti del BPA nel modello di bivalve marino *Mytilus galloprovincialis*.
L'esposizione al BPA *in vitro* altera i parametri immunitari negli emociti del mitilo; gli effetti sono confrontabili con quelli dell'estrogeno naturale 17β-estradiolo e mediati dalla disregolazione di vie di traduzione del segnale cinasi-dipendenti. Al contrario, il suo analogo Bisfenolo F (BPF) non induce immunostimolazione.
L'esposizione *in vivo* a concentrazioni ambientali di BPA induce effetti sulla risposta immunitaria, ed influenza l'espressione genica, l'attività di enzimi antiossidanti, e la funzione lisosomiale nella ghiandola digestiva, un tessuto chiave nel metabolismo e nella maturazione delle gonadi. In cellule isolate dalla ghiandola digestiva, il BPA induce un aumento dei lipidi intracellulari, in particolare di trigliceridi, e modula l'attività di enzimi glicolitici, antiossidanti, e di biotrasformazione.
Concentrazioni ambientali di BPA alterano lo sviluppo precoce delle larve di mitilo. Sono stati osservati cambiamenti nell'espressione genica, in particolare di geni coinvolti nel metabolismo degli xenobiotici, nella biomineralizzazione, e nei recettori per neurotrasmettitori. Il BPA induce cambiamenti dose-dipendenti nella deposizione della matrice organica e nella calcificazione della conchiglia, così come nello sviluppo dei neuroni serotoninergici. Inoltre, il BPA altera il pattern di espressione di HOX1, un membro della famiglia dei geni homeobox coinvolti nella biogenesi della conchiglia e nella neurogenesi dei molluschi bivalvi. Tutti questi effetti sono associati a un ritardo dello sviluppo.
Il BPA determina inoltre cambiamenti nella composizione delle comunità microbiche associate agli stadi larvali precoci (il microbioma), in particolare di potenziali patogeni (*Vibrio, Arcobacter, Tenacibaculum*) e di generi coinvolti nella biotrasformazione (*Oleispira, Shewanella*). L'analogo BPF non è in grado di alterare lo sviluppo larvale, ma esercita effetti simili al BPA sul microbiota delle larve. Ciò indica che gli effetti dei diversi bisfenoli sul microbiota non sono associati alla tossicità sullo sviluppo.
Nel complesso, i risultati dimostrano che concentrazioni ambientali di BPA o dei suoi analoghi possono alterare la risposta immunitaria e i processi metabolici nel mitilo adulto, ed agire come interferenti dello sviluppo larvale. I dati sottolineano, inoltre, come il mitilo rappresenti un modello utile per la valutazione dell'impatto degli additivi rilasciati dalle plastiche sugli invertebrati marini.

Riferimenti bibliografici:

1. US EPA, 2023. Bisphenol A (BPA) Summary. https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/bisphenol-bpa-summary
2. EFSA, 2023. Re-evaluation of the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.6857
3. Kwon, B.G., Seon-Yong Chung, S-Y., Saido, K., 2020. Sandy beaches as hotspots of bisphenol A. Environmental Research 191, 110175. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110175

Approccio multilivello per la valutazione della tossicità di microplastiche derivate da oggetti in bioplastica nei confronti di *Daphnia magna*

De Felice B.[1], Gazzotti S.[2], Marzorati S.[1], Casati L.[3], Conterosito E.[4], Gianotti V.[4], Ortenzi M.[2], Parolini M. [1]

[1]Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 26, 20133 Milano, Italia
[2]Laboratorio Materiali e Polimeri (LaMPo), Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano, Via Golgi 19, 20133, Milano, Italia
[3]Dipartimento di Scienze della Salute, Università degli Studi di Milano, Via Rudinì, 8, 20142, Milano, Italia
[4]Department of Sviluppo Sostenibile e La Transizione Ecologica, Università del Piemonte Orientale, Piazza S. Eusebio 5, 13100 Vercelli, Italia

Keyword: bioplastiche; biomarker; attività natatoria; riproduzione

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Lo smaltimento inappropriato dei rifiuti plastici ha causato una diffusa contaminazione degli ecosistemi naturali, spingendo la società a cercare soluzioni sostenibili, inclusa la transizione dall'uso di plastiche di origine fossile alle bioplastiche (BP). Tuttavia, analogamente alle plastiche di origine fossile, gli oggetti in bioplastica a fine vita hanno la stessa probabilità di contaminare gli ecosistemi, nonché di generare microplastiche (MP). Ad oggi, studi di monitoraggio hanno evidenziato in diverse matrici ambientali la presenza di microplastiche derivate da bioplastiche (BP-MP), tuttavia, mancano ancora le informazioni in merito ai possibili effetti negativi indotti dall'esposizione a BP-MP sul biota. Pertanto, il presente studio ambisce ad indagare i potenziali effetti avversi, a diversi livelli della gerarchia biologica, indotti dall'esposizione a due tipi di BP-MP nei confronti del cladocero *Daphnia magna.* L'acido polilattico (PLA) e il polibutilene adipato co-tereftalato (PBAT) sono stati selezionati come bioplastiche da utilizzare per questo studio poiché insieme rappresentano oltre il 30% della capacità produttiva globale di BP [1]. Le BP-MP utilizzate sono state ottenute a partire da oggetti in bioplastica, coltelli a base di PLA e borse della spesa a base di PBAT, comprati in un supermercato locale, attraverso cicli di triturazione e congelamento in azoto liquido. Gli organismi sono stati esposti per 21 giorni a tre concentrazioni (0,125 µg/ml, 1,25 µg/ml, 12,5µg/ml) di microplastiche di PLA e PBAT.È stato quindi applicato un approccio multi-livello per valutare i possibili effetti a diversi livelli della gerarchia biologica, dal livello sub-individuale (biochimico), a quello individuale (crescita e comportamento) e di popolazione (riproduzione). A livello biochimico è stata valutata l'insorgenza di stress ossidativo in termini di attività degli enzimi antiossidanti e detossificanti (SOD, CAT, GPx e GST), nonché della perossidazione lipidica (LPO). Inoltre, sono state investigate le modulazioni del contenuto di proteine, carboidrati e lipidi che concorrono nel determinare il contenuto energetico degli organismi. Gli effetti a livello individuale sono stati valutati come cambiamenti nei principali parametri morfologici (testa, spina, carapace, valve e lunghezza totale del corpo) e come alterazioni dell'attività natatoria (distanza percorsa e velocità del nuoto) mediante un sistema di video-tracking. In aggiunta, è stato effettuato un classico test cronico della durata di 21 giorni per la valutazione dei possibili effetti sulla riproduzione [2]. I risultati ottenuti hanno mostrato come l'esposizione a due delle bioplastiche più utilizzate induca effetti avversi a livello biochimico, individuale e di popolazione nel cladocero *D. magna*. Nel dettaglio, sia le microplastiche di PLA che PBAT hanno indotto effetti negativi a livello individuale, mentre solo le microplastiche di PLA hanno indotto un'alterazione a livello sub-individuale e di popolazione. A fronte di questi risultati sono necessari ulteriori studi per comprendere a pieno la possibile tossicità delle bioplastiche.

Riferimenti bibliografici:

1. European bioplastics. https://www.european-bioplastics.org/bioplastics
2. OECD (2012), Test No. 211: *Daphnia magna* Reproduction Test, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris.

Ingestione dimensione-dipendente e trasferimento trofico di microplastiche di polistirene in eucarioti unicellulari dulciacquicoli

Mondellini S.[1a], Schwarzer M.[1a], Völkl M.[2a], Jasinski J.[3], Jérôme V.[2], Scheibel T.[3,4,5,6,7], Laforsch C.[1b*], Freitag R. [2,6b*]

[1]Animal Ecology I and BayCEER, University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; [2]Process Biotechnology, University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; [3]Biomaterials, University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; [4]Bayerisches Polymerinstitut (BPI), University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; [5]Bayreuther Zentrum für Kolloide und Grenzflächen (BZKG), University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; [6]Bayreuther Zentrum für Molekulare Biowissenschaften (BZMB), University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; [7]Bayreuther Materialzentrum (BayMAT), University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; [a] Authors contributed equally; [b] Joint seniour authorship; [*] corresponding authors (christian.laforsch@uni-bayreuth.de; ruth.freitag@uni-bayreuth.de)

Keyword: microplastiche, bioaccumulo, ingestione, trasferimento trofico, rete alimentare

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

Le microplastiche (MP) sono diventate un contaminante ambientale noto e ampiamente investigato. Nonostante i numerosi studi che indagano il rischio potenzialmente rappresentato dalle MP, la possibile ingestione e il trasferimento trofico di MP nei livelli inferiori della rete trofica di sistemi d'acqua dolce rimangono scarsamente investigati. Questo lavoro si propone di investigare l'internalizzazione e il potenziale trasferimento trofico di microsfere (0,5 µm, 3,6 x 10^8 particelle/mL; 6 µm, 2,1 x 10^5 particelle/mL) e frammenti (<30 µm, 5 x 10^3 particelle/mL) di polistirene (PS) fluorescente in tre eucarioti unicellulari.
Lo studio si focalizza sull'ingestione dimensione-dipendente di MP da parte di due ciliati, *Tetrahymena pyriformis* e *Paramecium caudatum,* e un amebazoo, *Amoeba proteus*, che serve anche da predatore per gli esperimenti sul trasferimento trofico. L'ingestione dimensione-dipendente è stata dimostrata per tutti e tre gli eucarioti unicellulari tramite co-esposizione degli stessi con le MP selezionate e osservazione ad un microscopio a fluorescenza. *P. caudatum* è in grado di ingerire le MP di dimesioni maggiori (27,7µm), mentre *T. pyriformis* ingerisce MP fino ai 10 µm. Il meccanismo di internalizzazione da parte di *A. proteus* è stato accertato tramite induzione della pinocitosi e della fagocitosi. La pinocitosi è stata indotta tramite l'alterazione del pH del mezzo di espostizione, metre la fagocitosi tramite il rivestimento delle MP con albumina sierica bovina e co-incubazione con un organismo preda. In *A. proteus* le microsfere sono state internalizzate tramite pinocitosi e sono state localizzate all'interno del citoplasma fino a 14 giorni post-esposizione. Le MP di dimensioni superiori a quelle dei canali pinocitici (>6 µm) non sono state internalizzate, nonostante i tentativi di induzione della fagocitosi. I frammenti di PS (<30 µm) che sono stati localizzati all'interno di *A. proteus* sono stati ingeriti solamente a seguito di eventi di predazione dei due ciliati precedentemente esposti alle MP. Dato che questi organismi collegano la produzione primaria a livelli più elevati delle rete trofica [1] è necessario investigare il potenziale effetto derivato dall'ingestione di diverse MP e dal loro trasferimento. Questo studio si propone di porre basi per future investigazioni a riguardo.

Riferimenti bibliografici:

[1] Mansano *et al.*, "Effects of diuron and carbofuran pesticides in their pure and commercial forms on Paramecium caudatum: The use of protozoan in ecotoxicology," *Environ. Pollut.*, 2016, vol. 213, pp. 160–172.

Valutazione della tossicità ambientale e della biodegradazione di materiali plastici in contatto con microorganismi isolati da sedimenti marini.

Salamone M.[1], Carraturo F.[1], Albarano L.[1], Molinaro R.[1], Morelli M.[1], Nappo A.[1], Fusco S.[2], Guida M.[1], Libralato G.[1]

[1]Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli, Italia; [2]Dipartimento di Biotecnologie, Università degli Studi di Verona, Verona, Italia;

Keyword: Microplastiche, Ecotossicità, Cell Counter, Microrganismi, Biodegradazione

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

Negli ultimi decenni, i rifiuti plastici ed i sottoprodotti della degradazione degli stessi rappresentano una delle principali fonti di inquinamento ambientale, essendo stati rilevati nella maggioranza degli ecosistemi acquatici e terrestri e diventando sempre più una delle principali preoccupazioni anche sul piano sanitario, dato il ruolo di possibili veicoli di geni di resistenza agli antibiotici e di inquinanti chimici (1,2). Questa problematica ambientale spinge a svolgere indagini scientifiche sul destino e sui fattori che contribuiscono alla modificazione delle plastiche nell'ambiente, sotto l'effetto dell'azione di agenti chimico-fisici e microbiologici e sul potenziale effetto tossico dei sottoprodotti della degradazione, ai danni degli organismi che popolano i diversi habitat ed in ultimo dell'uomo. Nell'ambito del progetto BioPlast4Safe (PNRR-PNC) sono stati isolati batteri e lieviti, adattati alla crescita in ambienti inquinati da idrocarburi, ed utilizzati in set-up sperimentali al fine di valutare la possibile biodegradazione di microparticelle di polietilene ad alta densità (PE) e polistirene (PS). L'allestimento dell'esperimento in scala laboratoriale ha previsto la preparazione di microcosmi in parallelo di acqua marina artificiale ed acqua marina filtrata (per eliminare la composizione microbica naturale), con l'aggiunta di PE e PS, in cui sono stati aggiunti inoculi di due ceppi batterici ed un ceppo fungino, singolarmente per osservare l'azione del singolo organismo. Sono stati previsti inoltre microcosmi di controllo in cui sono state addizionate soltanto le plastiche all'acqua marina filtrata e all'acqua marina artificiale. La sperimentazione ha previsto come tempi di contatto: 2 settimane (t_1), 1 mese (t_2), 2 mesi (t_3), 4 mesi (t_4) e 8 mesi (t_5). La diversità batterica dei microcosmi è stata analizzata mediante analisi microbiologiche e tecniche automatizzate come il Cell Counter. Per valutare l'efficienza della degradazione sono state utilizzate tecniche chimiche indirette: COD, TC e TOC. Sono stati condotti inoltre studi ecotossicologici e genotossicologici sull'organismo modello *A. franciscana*. Dalle analisi colturali e automatizzate, si è potuto concludere che in un ambiente privo di contaminanti esterni (acqua marina artificiale), le popolazioni microbiche e fungine sono riuscite a mantenere la stessa vitalità fino alla fine del periodo di esposizione considerato (t_4). È stato riscontrato che la tossicità delle plastiche nei microcosmi di acqua marina artificiale e naturale varia a seconda delle diverse fasi del ciclo di vita dell'organismo modello, risultando più elevata sui naupli e sui metanaupli. Inoltre, la fotoinibizione e la mortalità di *A. franciscana* in microcosmi di acqua marina artificiale sono diminuite nel tempo, suggerendo un lento deterioramento delle plastiche immesse da parte di alcuni microorganismi testati. Le analisi genotossicologiche e chimiche di COD, TC e TOC confermano questi risultati. Saranno effettuate analisi di microscopia elettronica a scansione (SEM) e μFT-IR per valutare gli effettivi cambiamenti strutturali delle plastiche.

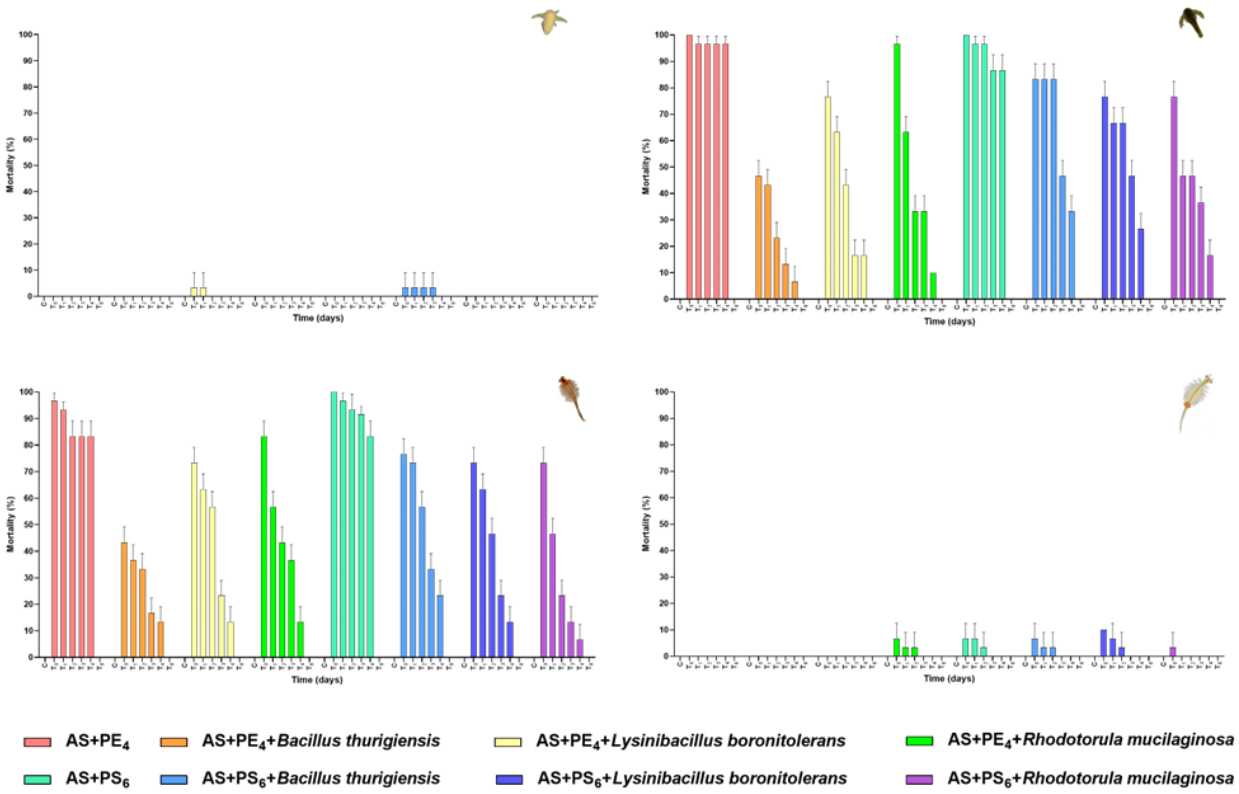


Figura 1 Variazioni della mortalità sui diversi stadi larvali di *A.franciscana* nei microcosmi di acqua marina artificiale analizzati dal tempo 0 al tempo di contatto di quattro mesi.

Riferimenti bibliografici:

1. Tuvo B., Scarpaci M., Bracaloni S., Esposito E., Costa A.L., Ioppolo M., Casini B. Microplastics and Antibiotic Resistance: The Magnitude of the Problem and the Emerging Role of Hospital Wastewater. *Int J Environ Res Public Health*, 2023;20(10):5868. doi: 10.3390/ijerph20105868.
2. Mao R., Lang M., Yu X., Wu R., Yang X., Guo X. Aging mechanism of microplastics with UV irradiation and its effects on the adsorption of heavy metals. *J. Hazard. Mater* (2020). 393, 122515. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122515

Gli ecosistemi invisibili: microplastiche nelle acque sotterranee e il loro impatto sulla biodiversità

Invisible ecosystems: microplastics in groundwater and their impact on biodiversity

Sforzi L.[1], Sarti C.[1], Tabilio Di Camillo A.[2,3], Di Lorenzo T.[3,4,5,6], Cabigliera B. S.[1], Balestra V.[7,8,9], Laurati M.[1,10], Chelazzi D[1,10], Martellini T.[1,10], Cincinelli A.[1,10]

[1]Department of Chemistry "Ugo Schiff", University of Florence, Sesto Fiorentino, Italy;
[2]Department of Life, Health and Environmental Sciences, University of L'Aquila, L'Aquila, Italy;
[3]Research Institute on Terrestrial Ecosystems of the National Research Council of Italy (IRET CNR), Florence, Italy;
[4]NBFC (National Biodiversity Future Center), Palermo, Italy;
[5]"Emil Racovita" Institute of Speleology, Cluj-Napoca, Romania;
[6]3cE3c—Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes & CHANGE—Global Change and Sustainability Institute, Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal;
[7]Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering, Politecnico di Torino, Torino, Italy;
[8]Biologia Sotterranea Piemonte—Gruppo di Ricerca, Bossea Cave, Cuneo, Italy;
[9]Struttura Operativa Bossea CAI—Underground Karst Laboratory of Bossea Cave, Cuneo, Italy;
[10]Consorzio Interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase (CSGI), University of Florence, Sesto Fiorentino, Italy.

Keyword: microplastiche, acque sotterranee, stigofauna, microFTIR

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Le acque sotterranee costituiscono più del 90% delle acque dolci disponibili sulla Terra, e più di un terzo della popolazione globale le utilizza a scopo potabile[1]. Queste risorse idriche hanno un'importanza vitale per l'ambiente e la salute umana, costituendo dei veri e propri ecosistemi. Si tratta di sistemi aperti, sensibili ai contaminanti che vi penetrano dalla superficie, come le microplastiche (MPs), le quali una volta raggiunte queste acque vi possono risiedere anche per decenni.

Un'analisi bibliometrica effettuata tramite il database Scopus ha fornito 215 articoli sulla presenza di MPs in acque sotterranee, pubblicati dal 2009 al 2024, una cifra non comparabile con la produzione scientifica relativa agli ambienti acquatici superficiali, come fiumi e mari. Inoltre, analisi di clustering tra le *keywords* hanno evidenziato come i maggiori aspetti d'interesse della comunità scientifica siano attualmente i processi di trasporto delle MPs e il legame con i suoli agricoli, mentre le risorse idriche potabili sotterranee e la correlazione con i rischi legati all'ingestione di MPs sono ancora scarsamente studiati. In particolare, sono il ruolo delle acque sotterranee come serbatoi di MPs e l'impatto che queste possono avere sugli animali che completano l'intero ciclo vitale in questi ambienti (stigofauna), in termini di bioaccumulo ed effetti tossicologici, a non essere sufficientemente investigati.

In questo contesto si inserisce il nostro studio[2]. È stata indagata la presenza di MPs in 3 acquiferi italiani, tramite il campionamento di due pozzi di monitoraggio e due grotte carsiche (Fig. 1). Inoltre è stata valutata la potenziale ingestione di MPs da parte della fauna invertebrata raccolta negli stessi siti.

I polimeri ritrovati nei campioni di acqua sono stati caratterizzati tramite spettroscopia micro-FTIR 2D imaging, mentre i campioni di fauna sono stati analizzati con un approccio di microscopia tandem (fluorescenza e FTIR). Le abbondanze rilevate nelle acque variano da 18 a 911 items/L, la cui maggioranza è costituita da fibre (90%) con una dimensione media compresa tra 100 µm e 1 mm. I polimeri trovati in concentrazioni maggiori sono stati la cellulosa (65%) e il PET (21%). L'ingestione di MPs è stata accertata in tutti i taxa analizzati, tra cui i pellet hanno costituito la forma più abbondante (87% in media), con una dimensione media di 26 µm. Anche in questo caso la cellulosa si è rivelata il polimero più abbondante (51%).

Finanziato dall'Unione europea – NextGenerationEU - PNRR - M4C2 Investimento 1.3 - Programma di ricerca PE_00000005 "RETURN - CUP B83C22004820002.

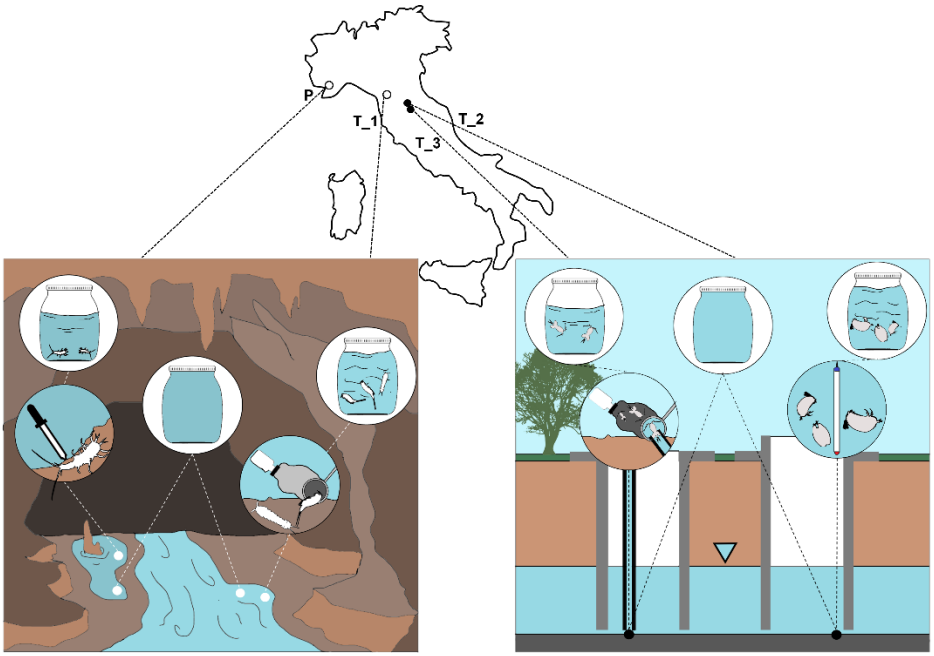


Figura 1- Mappa dei quattro siti di campionamento e rappresentazione schematica dei metodi di raccolta dei campioni faunistici e idrici. A sinistra: campionamento nelle due grotte carsiche. A destra: campionamento nei due siti dell'acquifero alluvionale. Punti bianchi: grotte; punti neri: pozzi; triangolo azzurro: falda acquifera. P: grotta di Bossea (CN); T_1: grotta di Buca del Vasaio (LU); T_2: pozzo in acquifero alluvionale (FI); T_3: pozzo in acquifero alluvionale (FI).

Riferimenti bibliografici:

1. Campos D., L. T. Pestana J. Protection of Underground Aquifers from Micro- and Nanoplastics Contamination. *Springer International Publishing* 2022; 1277-1309.
2. Sforzi L., Tabilio Di Camillo A., Di Lorenzo T. et al. (Micro-)Plastics in Saturated and Unsaturated Groundwater Bodies: First Evidence of Presence in Groundwater Fauna and Habitats. *Sustainability* 2024; 16(6); 2352.

Impatti tossicologici delle microplastiche sugli anfipodi: evidenze nelle specie *Echinogammarus veneris* e *Cryptorchestia garbinii*

Valentina Iannilli[1], Kaoutar Aboutabit[1], Francesca Lecce[1]

[1]ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Lab. Biodiversità e servizi ecosistemici, Centro Ricerche Casaccia, Via Anguillarese 301, 00123 Roma.

Keyword: microplastiche; *Echinogammarus*; *Cryptorchestia;* DECOTAB; Nile red

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:

La contaminazione da microplastiche (MP) rappresenta una sfida globale per gli ambienti acquatici, con molteplici studi che ne confermano la presenza significativa nelle acque interne. Tuttavia, gli effetti di queste sugli organismi rimangono ancora in gran parte poco compresi.
In questo studio è stato implementato un protocollo efficace per valutare gli impatti delle microplastiche, utilizzando due modalità di esposizione: dispersione nelle acque e ingestione. Le due specie di anfipodi scelte per lo studio sono il gammaride *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865) e il talitride semiterrestre *Cryptorchestia garbinii* Ruffo et al. (2014). Questi organismi sono stati esposti al polietilene (PE), uno dei polimeri più diffusi nell'ambiente come microplastica, a causa della suo ampio utilizzo. Per l'esposizione di *E. veneris* alla matrice acquosa, il polietilene (PE) è stato disperso direttamente nell'acqua di prova. Per quanto riguarda l'esposizione attraverso la dieta, le microplastiche sono state fornite utilizzando le DECOTAB (DEcomposition and COnsumption TABlets), precedentemente validate con successo per test di tossicità acquatica [1] e anche per le microplastiche [2]. Entrambe le specie sono state esposte alle microplastiche tramite la dieta mediante l'uso delle DECOTAB.
Al termine degli esperimenti, le microplastiche presenti nell'apparato digerente degli animali sono state rilevate, misurate e quantificate utilizzando la colorazione con il colorante solvatocromico e fluorescente Nile red. I risultati hanno confermato l'efficacia del metodo di esposizione, evidenziando chiaramente l'ingestione delle particelle fornite attraverso le DECOTAB.
Come endpoint tossicologici, sono stati valutati i cambiamenti nell'allocazione delle riserve energetiche (glucosio, glicogeno e lipidi) e la genotossicità, misurata tramite il comet test sugli emociti circolanti. Dopo 24 ore di esposizione, è stata osservata una significativa riduzione dei livelli di glucosio, glicogeno e lipidi, insieme a un aumento della frammentazione del DNA, indicativa di genotossicità.
Inoltre, il confronto tra le dimensioni medie delle MP fornite attraverso le DECOTAB e quelle rilevate nei tubi digerenti di *E. veneris* e *C. garbinii* ha mostrato una significativa riduzione delle dimensioni delle particelle, suggerendo un processo di frammentazione durante il passaggio attraverso il tratto digerente.
Questi risultati evidenziano gli effetti avversi delle microplastiche su queste specie di anfipodi, che svolgono un ruolo chiave nel ciclo dei nutrienti, essendo spesso dominanti come biomassa e contribuendo al decomporre il materiale organico. Confermano l'importanza di comprendere meglio gli impatti delle MP sugli organismi e forniscono nuove prospettive per affrontare questa crescente minaccia ambientale.

Riferimenti bibliografici:

1. Kampfraath, A.A.; Hunting, E.R.; Mulder, C.; Breure, A.M.; Gessner, M.O.; Kraak, M.H.S.; Admiraal, W. DECOTAB: A multipurpose standard substrate to assess effects of litter quality on microbial decomposition and invertebrate consumption. Freshw. Sci. 2012, 31, 1156–1162.
2. Ciotti, C.; Setini, A.; Lecce, F.; Iannilli, V. Uncovering the Hidden Dangers of Microplastic Pollution in Lake Ecosystems: Effects of Ingestion on Talitrid Amphipods. Environments 2023, 10, 115. https://doi.org/10.3390/environments10070115

Materiali plastici sostenibili nella ricerca accademica

Anna Liguori[1], Maria Letizia Focarete[1]
[1]Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Bologna, Italia.

Keyword: termoplastici bio-based, riciclabili, compostabili; termoindurenti bio-based; riciclo meccanico; riciclo chimico; legami covalenti dinamici

Tipo di submission: Presentazione Orale (per talk introduttiva Sessione 4)

Abstract: La plastica è un materiale ormai indispensabile nella vita quotidiana. Le sue applicazioni variano dal packaging per alimenti ad applicazioni funzionali e strutturali, includendo settori all'avanguardia come quello dei dispositivi biomedicali e dell'elettronica. L'impiego di risorse bio-based e la gestione sostenibile del fine vita dei manufatti in plastica sono pertanto di fondamentale importanza al giorno d'oggi per contribuire a mitigare la dipendenza da fonti fossili e ridurre l'impatto ambientale. Molti materiali termoplastici bio-based, riciclabili e/o biodegradabili, quali la cellulosa, le blend a base amido, il PLA, il bio-PE ed il bio-PET sono stati ampiamente sviluppati e testati nel corso degli anni. In questo contesto, le attività di ricerca, anche finanziate dalla Unione Europea, si sono focalizzate sulla sostituzione del packaging monouso dei dispositivi medico-ospedalieri, tipicamente costituiti da poliolefine, con soluzioni alternative, ad esempio a base di polibutilen-succinato, riciclabili meccanicamente e biodegradabili in diversi ambienti [1]. Inoltre, negli ultimi anni, le ricerche accademiche si sono focalizzate sull'identificare possibili strategie per lo sviluppo di materiali termoindurenti bio-based e riciclabili sia chimicamente che meccanicamente. I termoindurenti sono materiali polimerici altamente reticolati e, pertanto caratterizzati da elevate proprietà meccaniche, termiche e di resistenza ai solventi. L'elevata densità di reticolazioni rende tali materiali non riprocessabili e pertanto destinati all'accumulo in discarica o alla termovalorizzazione. I progressi svolti in ambito accademico hanno consentito, al momento solo su scala di laboratorio, lo sviluppo di resine derivanti da biomassa e modificate con gruppi acrilici o epossidici al fine di essere curabili mediante radiazione luminosa o termicamente. Recenti studi hanno inoltre dimostrato la possibilità di processare tali resine mediante processi di stampa 3D assistita da radiazione UV, documentando la possibilità di ottenere manufatti tridimensionali della geometria desiderata [2,3]. Inoltre, la funzionalizzazione delle resine mediante legami covalenti dinamici, quali gruppi imminici, disulfidi ed esteri, ha consentito l'ottenimento di termoindurenti riprocessabili e auto-riparanti [2]. In particolare, i legami imminici risultano particolarmente interessanti in quanto in grado di dare luogo a meccanismi associativi e dissociativi sfruttabili per il riciclo sia meccanico che chimico di questi materiali.

Riferimenti bibliografici:

1. GREEN-MAP project "Novel green polymeric materials for medical packaging and disposables to improve hospital sustainability" (Horizon 2020 Research and Innovation Marie Skłodowska-Curie Action grant agreement no. 872152)
2. Anna Liguori, Sathiyaraj Subramaniyan, Jenevieve G. Yao, Minna Hakkarainen, Photocurable extended vanillin-based resin for mechanically and chemically recyclable, self-healable and digital light processing 3D printable thermosets. *European Polymer Journal* 2022; 178; 111489.
3. Anna Liguori, Eugenia Oliva, Marco Sangermano, and Minna Hakkarainen, Digital Light Processing 3D Printing of Isosorbide- and Vanillin- Based Ester and Ester−Imine Thermosets: Structure−Property Recyclability Relationships. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 2023; 11; 14601−14613.

Sviluppo di packaging attivo a base di chitosano nell'ottica dei principi dell'economia circolare

Costa J. e Pogni R.
Dipart. di Biotecnologie, Chimica e Farmacia, Università degli studi di Siena, Siena, Italia

Keyword: Chitosano, lignin nanoparticles, packaging attivo, economia circolare

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: L'inquinamento da plastica convenzionale è uno dei problemi ambientali più urgenti da affrontare. Negli ultimi decenni la produzione e il consumo globale di plastica ha visto una crescita esponenziale, conseguenza del ruolo essenziale delle plastiche nella società moderna. Per questo motivo, in linea con l'economia circolare, c'è un interesse crescente nei materiali compostabili e biodegradabili a partire da polimeri naturali ottenuti da scarti alimentari. In questo contesto si inserisce il chitosano, polisaccaride ottenuto per deacetilazione parziale o totale della chitina (N-acetil-D-glucosamina), che rappresenta uno dei polimeri più abbondanti presenti in natura. Il chitosano è un polimero non tossico, biodegradabile con attività antimicrobica. Inoltre, essendo una materia prima seconda derivante principalmente dagli scarti della lavorazione dei crostacei è in linea con i principi dell'economia circolare. A tal proposito, il chitosano è stato utilizzato per la produzione di un packaging attivo nel progetto FISH4FISH*. La chitina ottenuta dagli scarti dei crostacei è stata trattata per ottenere la sua forma deacetilata, il chitosano in vari pesi molecolari e gradi di deacetilazione, poiché i chitooligosaccaridi (COS) presentano una maggiore attività antimicrobica. Allo scopo i COS sono stati ottenuti per via enzimatica utilizzando la chitinasi immobilizzata.[1] Nanoparticelle di lignina funzionalizzate con COS sono state poi successivamente utilizzate come biofiller attivo nella preparazione del nuovo packaging per conferire proprietà antiossidanti, antimicrobiche, schermanti ai raggi UV e migliorare le proprietà meccaniche.[2]
Prototipi di vassoio e pellicola sono stati ottenuti a livello industriale e testati in presenza di pesce fresco. Il nuovo materiale per imballaggio presenta le seguenti proprietà:
- elevato contenuto di materia prima rinnovabile (80%)
- prolungamento della shelf-life del pesce grazie alle proprietà antimicrobiche e di schermatura UV dei componenti del biocomposito
- assenza di rilascio di allergeni o composti tossici
- completa biodegradabilità e compostabilità domestica con attività fertilizzante.

È stato inoltre condotto uno studio di valutazione della sostenibilità del ciclo di vita (LCA, LCC e LCA sociale) per valutare la sostenibilità dell'intero processo e dei prodotti e l'accettazione da parte dei consumatori.

*Progetto cofinanziato dall'UE nell'ambito del programma EASME/EMFF/Blue Economy-2018/n.863697

Riferimenti bibliografici:

1. Kidibule, P.E., Costa, J., Atrei, A., Plou, F.J., Fernández-Lobato, M., Pogni, R. Production and characterization of chitooligosaccharides by the fungal chitinase Chit42 immobilized on magnetic nanoparticles and chitosan beads: selectivity, specificity and improved operational utility. *RSC Adv* 2021; 11; 5529.
2. Capecchi E., Tomaino E., Piccinino D., Kidibule P.E., Fernández-Lobato, M., Spinelli D., Pogni R. Cabado Garcia A., Lago J., Saladino E. Nanoparticles of lignins and saccharides from Fishery wastes as sustainable UV-shielding, antioxidant and antimicrobial biofillers. *Biomacromolecules* 2022; 23(8); 3154.

EN

Development of green PET depolymerization strategies by protein engineering and microalgae cultivation

IT

Sviluppo di strategie green per la depolimerizzazione di PET attraverso ingegneria proteica e coltivazione di microalghe

Andrea Ricci [1], Shapla Bhattacharya [2,3], Rossella Castagna [2,4], Katia Parati [5], Giulia Di Rocco [6], Alfonso Gautieri [1], Emilio Parisini [2,7]

[1] Biomolecular Engineering Lab, Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italy
[2] Department of Biotechnology, Latvian Institute of Organic Synthesis, Aizkraukles 21, LV-1006, Riga, Latvia
[3] Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, Riga Technical University, Paula Valdena 3, LV-1048, Riga, Latvia
[4] Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "G. Natta", Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italy
[5] Istituto Sperimentale Italiano Lazzaro Spallanzani, Aquaculture division, 26027 Rivolta d'Adda, Italy
[6] Department of Chemistry, University of Modena and Reggio Emilia, via Campi 183, 41100 , Modena, Italy
[7] Department of Chemistry "G. Ciamician", University of Bologna, Via Selmi 2, 40126 Bologna, Italy

Keyword: PET, enzimi, molecular dynamics, microalghe, digestato

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:
Il polietilene tereftalato (PET) rappresenta il 6.2%[1] della produzione totale di plastica nel mondo. Questo materiale è riciclato principalmente tramite processi meccanici, che ne inficiano le proprietà, o depolimerizzato attraverso processi chimici che richiedono condizioni estreme. Un'alternativa promettente è rappresentata dalla lisi enzimatica del PET, mediante proteine, le PETase, che sono attualmente oggetto di analisi ed ingegnerizzazione volte ad ottimizzarne le proprietà e le applicazioni.
Questo studio presenta il processo di ingegnerizzazione di una PETase, una Leaf-branch Compost Cutinase (LCC), i cui risultati *in vitro* mostrano un aumento della temperatura di melting (Tm) di 9.2°C, ed un'attività due volte maggiore rispetto al gold standard ICCG[2] (Figura 1), misurata come produzione di acido tereftalico (TPA) dall'idrolisi del polimero.
Al fine di produrre l'enzima con tecnologie green, si è sviluppata e caratterizzata la produzione di una PETase wild type mediante espressione in microalga *Chlamidomonas reinhardtii*[3] cresciuta sia su terreno specifico (Tris-acetato-fosfato, sigla TAP, usato come controllo) sia su frazione liquida del digestato agricolo derivante da materiale di scarto di origine animale e vegetale. I risultati delle prove di crescita in batch, condotti alla scala laboratorio, hanno mostrato come l'alga, pur con rese minori rispetto al controllo, in sia in grado di crescere in modo significativo anche su terreni di coltura alternativi, costituiti dai materiali di scarto sopracitati (Figura 2).
Nel complesso, il progetto mira allo sviluppo del riciclo green del PET, attraverso l'ingegnerizzazione di nuove varianti di enzimi capaci di degradare il PET in modo efficiente, contestualmente allo sviluppo di tecnologie per l'espressione proteica che rendano la produzione di PETase sostenibile sul piano economico ed ambientale.

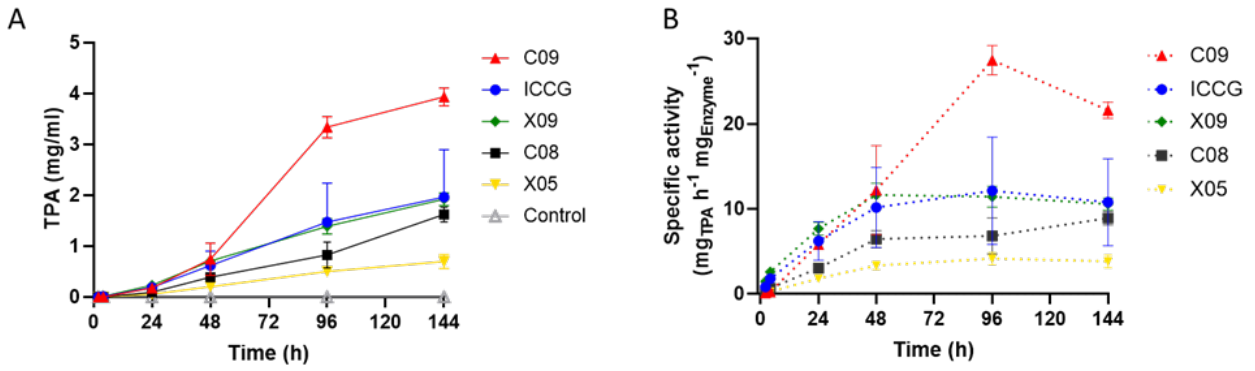


Figura 1: comparazione della depolimerizzazione del PET da parte di diversi enzimi, di cui ICCG (gold standard, blu) e C09 (miglior mutante ingegnerizzato, rosso); **A)** produzione di acido tereftalico (TPA) da lisi del PET nel tempo (68°C, pH 8); **B)** attività specifica nel tempo (68°C, pH 8).

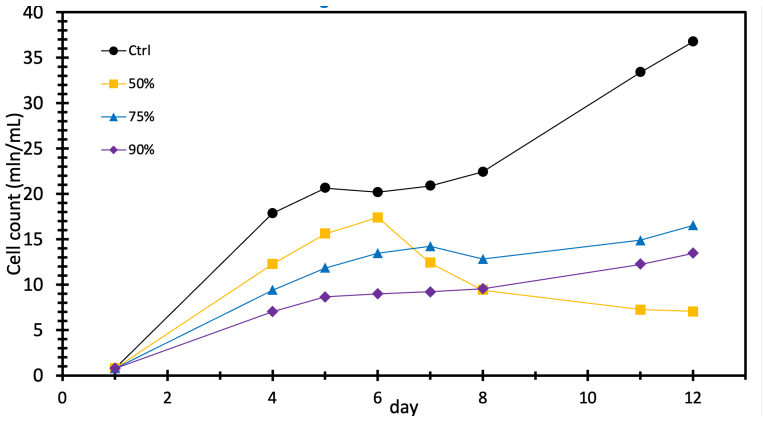


Figura 2: confronto tra curve di crescita di *Chlamydomonas reinhardtii* in diverse concentrazioni di digestato ultrafiltrato in TAP: 0% (controllo, solo terreno TAP specifico, nero), 50% (giallo), 75% (blu), 90% (viola).

Riferimenti bibliografici:

1. PlasticsEurope. Plastics—The Facts 2022.
2. Tournier, V.; Topham, C. M.; Gilles, A.; David, B.; Folgoas, C.; Moya-Leclair, E.; Kamionka, E.; Desrousseaux, M. L.; Texier, H.; Gavalda, S.; Cot, M.; Guémard, E.; Dalibey, M.; Nomme, J.; Cioci, G.; Barbe, S.; Chateau, M.; André, I.; Duquesne, S.; Marty, A. An Engineered PET Depolymerase to Break down and Recycle Plastic Bottles. Nature 2020, 580 (7802), 216–219.
3. A PETase enzyme synthesised in the chloroplast of the microalga Chlamydomonas reinhardtii is active against post-consumer plastics / Di Rocco, G.; Taunt, H. N.; Berto, M.; Jackson, H. O.; Piccinini, D.; Carletti, A.; Scurani, G.; Braidi, N.; Purton, S.. - In: SCIENTIFIC REPORTS. - ISSN 2045-2322. - 13:1(2023), pp. 10028-10038. [10.1038/s41598-023-37227-5]

Sintesi, caratterizzazione e applicazione di molecole lipofile come coating idrofobizzante per packaging di cellulosa

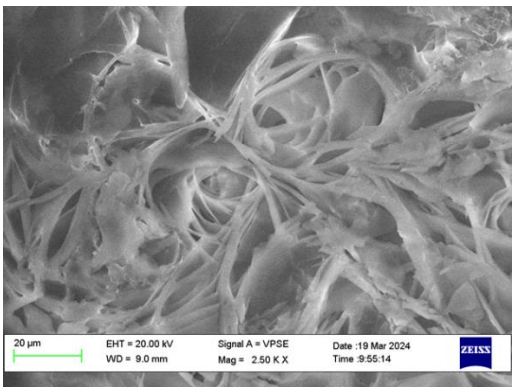
Angelica Giovagnoli[1]

[1]Dipart. Chimica Industriale "Toso Montanari", Bologna, Italy

Keywords: *Cellulose, sustainable packaging, hydrophobization, organic coatings*

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:
Nel 2019 il mercato globale degli imballaggi alimentari è stato valutato a 303,26 miliardi di dollari, con un potenziale di crescita di 60,33 miliardi di dollari tra il 2020 e il 2025. Se le attuali tendenze di produzione e gestione dei rifiuti di materiale plastico persistono, si stima che 12.000 milioni di tonnellate si accumuleranno nelle discariche o nell'ambiente entro il 2050, costituendo una seria minaccia per l'ecosistema[1].
Per tale ragione, l'attuale vera sfida per il mercato del packaging è quella di trovare soluzioni innovative con incrementate performance e spiccata sostenibilità dal punto di vista dei costi, del processo produttivo e dello smaltimento[2]. Materiali come la cellulosa, l'amido, il chitosano e l'acido polilattico sono oggi visti come promettenti alternative a quelli convenzionali per il *food packaging* ma questo può essere favorito solamente da un'accurata ricerca di *additivi* e *coatings green* da introdurre all'interno delle matrici bio-polimeriche per migliorarne le proprietà termiche, meccaniche e di barriera[2].
Questo progetto è infatti focalizzato sulla sintesi di additivi *bio-based* da applicare a materiale cellulosico per la produzione di packaging sostenibile. Sono stati inizialmente sintetizzati esteri lineari a base di dioli con diversa lunghezza di catena e acidi grassi. Le strutture ottenute sono state confermate dagli spettri ^{1}H-NMR e dagli spettri IR. I prodotti ottenuti dalle sintesi sono stati sottoposti a TGA e DSC per poterne conoscere le T_m e le temperature di degradazione. Alcuni campioni di cellulosa, sono stati sottoposti a *dip coating* sia utilizzando dei prodotti puri fusi che soluzioni diluite al 50% con EtOH per ridurne la viscosità. I campioni trattati sono poi stati sottoposti a misure di WCA (*water contact angle*) per valutarne la capacità idrofobizzante. Per incrementare quest'ultima proprietà, reazioni analoghe sono state condotte esterificando con acidi grassi, dei polioli (pentaeritrolo e sorbitolo), ottenendo così dei sistemi di tipo "*star-shape*". I prodotti ottenuti caratterizzati mediante tecniche spettroscopiche (^{1}H-NMR,IR) ed analisi termiche (TGA,DSC), sono stati applicati da fusi mediante *dip coating* su campioni di cellulosa. Inoltre, immagini SEM hanno mostrato la formazione di coating morfologicamente differenti a seconda dell'additivo applicato (***Fig.1*** *A,B*).
Test preliminari di applicazione dei prodotti fusi hanno evidenziato che la lunghezza e il numero delle catene idrofobiche influenza notevolmente le proprietà idrofobizzanti dell'additivo.



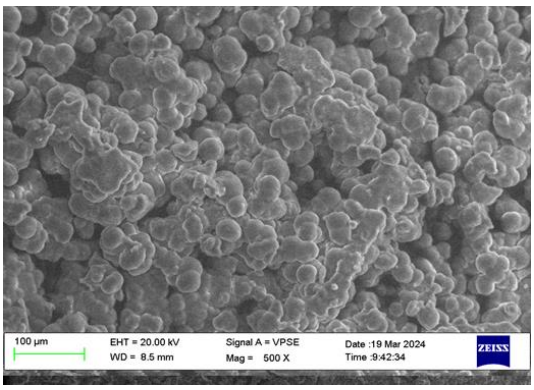


Fig.1 *A) Immagine SEM del coating idrofobizzante realizzato per dip-coating di esteri lineari*
B) Immagine SEM del coating idrofobizzante realizzato per dip coating di molecole star-shape

Riferimenti bibliografici:

1. S.V.G. Kumari, K. Pakshirajan, G. Pugazhenthi, Recent advances and future prospects of cellulose, starch, chitosan, polylactic acid and polyhydroxyalkanoates for sustainable food packaging, *International Journal of Biological Macromolecules 2022*, 221, 163-182
2. F.Cirisano., M. Ferrari,.Sustainable Materials for Liquid Repellent Coatings, *Coatings 2021*; 11; 1508

Produzione di acetato di cellulosa a partire da scarti di lavorazione della vite.

Caravella A.[1], Lettieri R.[1], Quintarelli G., Gatto E.[1]
[1]Dipart., Scienze e Tecnologie Chimiche Università Tor Vergata, Roma

Keyword: Polimeri Naturali, Scarti di vite, Estrazione Organosolvent, Bioplastica, Acetato Cellulosa.

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Il settore vinicolo produce ogni anno enormi quantità di rifiuti lungo la catena di produzione (tralci di potatura, vinacce e raspi). Tra questi, i tralci sono gli scarti più abbondanti con 1.4-2 tonnellate per ettaro a livello globale.[1] Scopo di questo lavoro è la valorizzazione degli scarti provenienti da tale settore, al fine di produrre materiali bioplastici a base di acetato di cellulosa, in un'ottica di economia circolare in cui uno scarto diviene una risorsa. È stato eseguito un processo di estrazione di tipo organosolv su tralci, raspi e semi, al fine di selezionare la matrice migliore in termini di resa percentuale di estrazione della cellulosa. I tralci sono stata la matrice che ha dato i risultati migliori. Il protocollo utilizzato prevede l'utilizzo di una soluzione di etanolo al 60%, il che lo rende particolarmente vantaggioso in termini di sostenibilità.[2] La frazione solida viene separata per filtrazione, mentre alla fase liquida vengono aggiunti 3 volumi di etanolo al 95%, al fine di separare l'emicellulosa dalla lignina. Successivamente è stata valutata l'azione di diversi pretrattamenti sui tralci, selezionando quelli più sostenibili da un punto di vista ambientale. In particolare, sono stati condotti trattamenti con ultrasuoni, autoclave e microonde. I risultati ottenuti indicano che le rese percentuali migliori per cellulosa, emicellulosa e lignina, si ottengono applicando un pretrattamento breve in autoclave.
La cellulosa ottenuta è stata infine sbiancata con NaOH al 4%, successivamente acetilata valutando il tempo di reazione ottimale per ottenere il prodotto diacetato. Tutti i prodotti ottenuti sono stati caratterizzati tramite spettroscopia FTIR. È stato sintetizzato un film bioplastico a base di diacetato di cellulosa, additivato con componenti green (glicerolo, lignina).

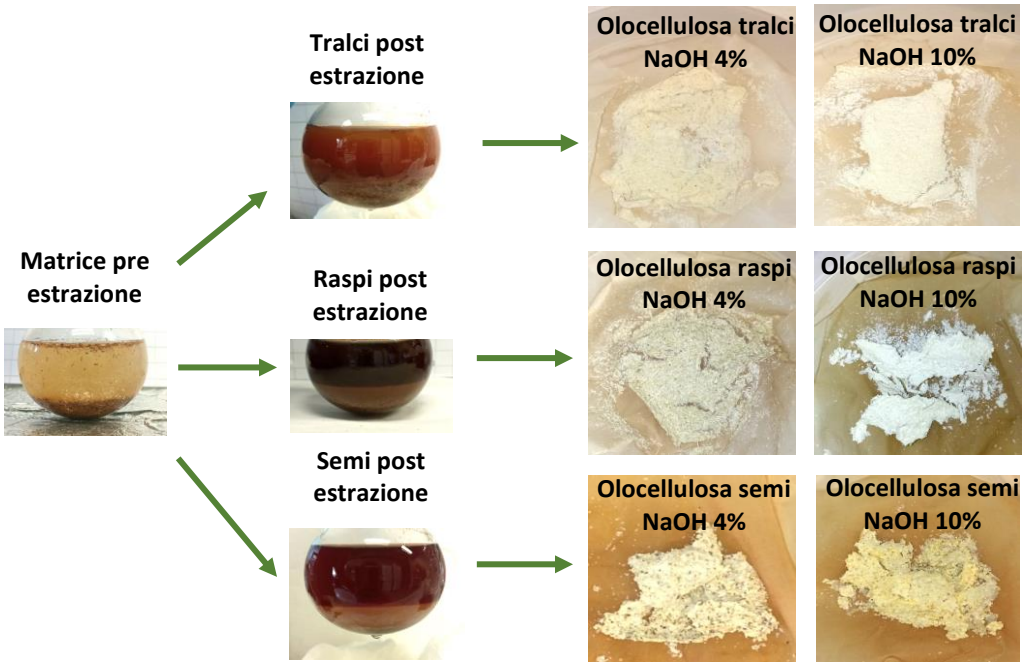


Figura 1. Risultati della fase preliminare di studio sulle tre tipologie di scarto post sbiancamento al 4 e 10 % di NaOH.

Riferimenti bibliografici:

1. Nanni A., Parisi M., Colonna, M. Wine By-Products as Raw Materials for the Production of Biopolymers and of Natural Reinforcing Fillers: A Critical Review. *Polymers* 2021; 13.
2. Xu F., Sun J.X., Sun R.C., Fowler P., Baird M. S. Comparative study of organosolv lignins from wheat straw. *Industrial Crops and Products* 2006; 23; 180-193.

THE EFFECT OF THE ADDITION OF BIOFILLER IN PVC ARTIFICIAL LEATHER

V.Bottau[1], T. Benelli[1,2], L.Giorgini[1,2], S. Ballardini[3]
[1] Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari", Università di Bologna
viale del Risorgimento 4, 40136 Bologna, Italy
e-mail: vittoria.bottau2@unibo.it
[2] Centro Interdipartimentale per la Ricerca Industriale - Meccanica avanzata e Materiali, CIRI-MAM, Università di Bologna, Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna, Italy
[3] Vulcaflex SpA, via De Gasperi 2, 48033 Cotignola, Italy

Abstract This study, conducted in collaboration with Vulcaflex S.p.A., a leading company in PVC artificial leather production for automotive interiors, addresses the growing demand in the automotive industry for environmentally friendly materials. Agriculture generates substantial waste, including solid biomass, which presents an opportunity for sustainable resource utilization. This work focuses on developing composite artificial leather incorporating bio-fillers derived from natural waste materials, offering benefits such as cost reduction and increased bio-based content.

The aim of this research is to investigate the possibility of incorporate four different bio-fillers (rice husk, mushrooms, coffee husk, and cork) into the middle and expanded layers of a multilayer PVC artificial leather. First of all the workability of the obtained plastisol, and the properties of the final composite materials were assessed. Then, the two most promising bio-fillers (rice husk and mushrooms) were fully characterize, including grain size analysis, SEM microscopy, and thermogravimetric analysis (TGA). Furthermore, artificial leather with different bio-filler concentration were produced and their performances were evaluated and compared. The results allowed the identification of two suitable bio-fillers for incorporation into synthetic leather and highlighted critical considerations regarding their addition, such as the moisture absorbed by the filler, which may result in defects in the final product. Among the two bio-fillers, rice husk emerges as the better option, as mushrooms impart an unpleasant odor to the synthetic leather, which is unsuitable for the final application in automotive interiors.

Una nuova soluzione per il riciclo: il tracer-based-sorting

Romano F. [2], Ceroni P.[1-2] Villa M.[1-2], Germinario A.[1-2]
[1]Dip. Chimica G. Ciamician, Alma Mater Università di Bologna, Italia; [2]SINBIOSYS SRL, Bologna, Italia

Keyword: Riciclo, fluorescenza, tracer-based sorting, closed-loop

Tipo di submission: Presentazione Orale

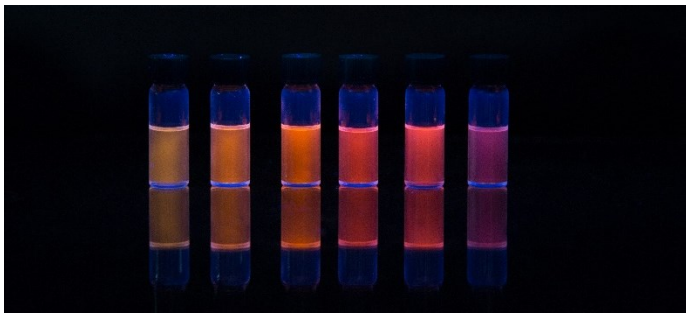


Fig. 1 - Materiali traccianti utilizzati nello studio sotto irraggiamento con luce UV.

Abstract: La separazione inefficace dei numerosi polimeri e delle loro combinazioni e additivazioni rappresenta il principale ostacolo all'adozione di un'economia circolare della plastica. La tecnologia nota come Tracer-Based Sorting (TBS) offre una soluzione mirata senza richiedere una ristrutturazione della supply chain o costi di setup significativi.

Il termine "tracer-based sorting" si riferisce a un metodo di identificazione e separazione delle plastiche utilizzando traccianti o marcatori specifici. In questo processo, vengono introdotti traccianti o marcatori nelle plastiche durante la produzione o prima del consumo. Questi marcatori possono essere inchiostri o additivi aggiunti in piccole quantità e che non alterano le proprietà delle plastiche. I traccianti possono essere inseriti in massa nei polimeri oppure essere stampati sugli imballaggi flessibili o tramite etichette, insieme agli altri inchiostri. Possono quindi essere utilizzati per creare codici di colore, pattern o una filigrana invisibile per ottenere segnali diversi per ogni tipo o combinazione di polimero.

La capacità di questa tecnologia di separare anche oggetti dello stesso polimero ma provenienti da utilizzi diversi è di fondamentale importanza.

L'implementazione su larga scala di una tecnologia come il "tracer-based sorting" avrà un impatto significativo sull'ambiente, sull'economia e sulla gestione dei rifiuti, aumentando il riciclo degli imballaggi dal 10-20% attuale ad un potenziale 90% in pochi anni con investimenti molto ridotti rispetto al costo degli impianti attuali.

Il nostro studio riporta i risultati ottenuti con traccianti luminescenti invisibili (Fig. 1) inseriti in massa in polipropilene e test di smistamento con sistemi ottici sia di laboratorio che commerciali a concentrazioni di lavoro fino a 20 ppm di tracciante rispetto alla quantità di polimero.

Riferimenti bibliografici:

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

Upcycling dei fanghi di scarto: l'innovativo processo B-Plas

Alisar Kiwan[1], Daniele Pirini[1], Eleonora Torricelli[1], Cristian Torri[2], Davide Collini[1]
[1]B-Plas Sbrl, Via Gessi 16, Lugo, Italy
[2]Università di Bologna, Via Selmi 4, Italy
Keywords: fanghi depurazione, carbonizzazione idrotermale, HTC, separazione solido/liquido, filtro pressa, digestione anaerobica, VFA, poliidrossoalcanoati, PHA
Presenting author email: alisar.kiwan@b-plas.it

Il trattamento delle acque reflue è una pratica fondamentale per garantire la salute pubblica e la protezione dell'ambiente. Le caratteristiche e le quantità delle acque reflue e il tipo di trattamento determinano la quantità e la qualità dei fanghi risultanti. I fanghi provenienti dagli impianti di depurazione civili e industriali sono un problema crescente in tutta l'UE. In Italia, ogni anno vengono prodotti più di 4 Mt[1] di fanghi da impianti di depurazione. Il trattamento e la gestione dei fanghi sono operazioni complesse e costose che hanno un forte impatto sull'ambiente. Le principali destinazioni sono smaltimenti, come le discariche e gli impianti di incenerimento, e recuperi, digestione anaerobica e produzione ammendanti (fanghi civili). Data la regolamentazione sempre più stringente e la mancanza di sistemi a livello nazionale, è necessario individuare alternative innovative per la valorizzazione di questi rifiuti.

La riduzione dei volumi di fanghi da smaltire e la loro conversione in prodotti ad alto valore aggiunto sono pratiche fondamentali per lo sviluppo di una bioeconomia sostenibile. In questo contesto, un nuovo approccio ecologico nella gestione dei rifiuti può portare all'upcycling dei fanghi di depurazione come fonte rinnovabile.

B-Plas srl società benefit è una start-up innovativa di Diemme Filtration srl, partner di Aqseptence Group, che ha sviluppato un nuovo processo incentrato sul recupero e l'upcycling di materia organica dalle acque reflue. Il processo B-Plas riduce al minimo i volumi di fanghi da smaltire e converte una frazione significativa del carbonio organico solubile in poliidrossialcanoati (PHA) come biopolimero a base biologica attraverso colture microbiche miste (MMC). L'intero processo (Figura 1) è suddiviso in due unità principali: il modulo fanghi mira a ridurre il volume dei fanghi da smaltire, mentre l'altro è dedicato alla produzione di PHA. La fase di carbonizzazione idrotermale (HTC) consente la solubilizzazione del carbonio organico immagazzinato nel fango; una fase di digestione anaerobica acidogenica (AD) trasforma il carbonio solubile in acidi grassi volatili (VFA, intermedi per la produzione di PHA). Il flusso liquido, ricco di VFA e nutrienti, viene separato tramite filtropressa e sottoposto a una fase di fermentazione aerobica in cui le MMC convertono i VFA in PHA.

Il processo B-Plas combina processi termici e biologici per recuperare energia dai fanghi delle acque reflue, dimostrando che è possibile ridurre la quantità di fanghi da smaltire e riciclarli in diversi sottoprodotti come hydrochar, VFA o PHA.

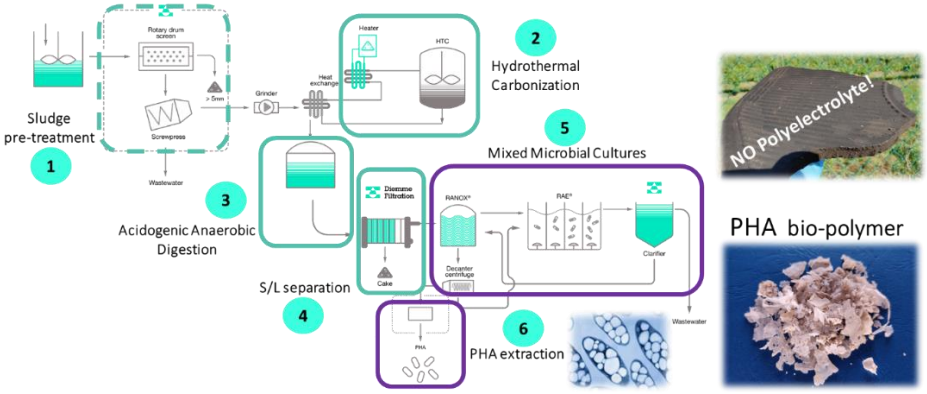


Figura 1: il processo completo B-Plas

[1]*link Rapporto Rifiuti Speciali - Edizione 2023 — Italiano (isprambiente.gov.it)*

Trattamenti chimici e fisici della cellulosa per applicazioni nell'ambito dell'imballaggio alimentare

Giusti G.[1], Balducci E.[2] Parrinello F.[2], Pucci F. [2], Laghi G. [3], Gherardi M. [3], Gualandi C.[1]
[1]Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Università di Bologna, Bologna, Italia; [2]Azienda Sacmi Imola, Imola, Italia; [3]Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Bologna, Bologna, Italia.

Keyword: cellulosa, idrofobizzazione, olii vegetali, plasma, "chemical vapour deposition" CVD

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: L'utilizzo diffuso della plastica per gli imballaggi, specialmente quelli per bevande e alimenti, è dovuto ai suoi vantaggi in termini di costi, durata e facilità di produzione. Tuttavia, l'accumulo di rifiuti plastici non biodegradabili nell'ambiente ha portato alla ricerca di alternative ecocompatibili. La cellulosa[1], il biopolimero naturale più abbondante sulla terra, si presenta come una promettente soluzione. Tuttavia, la sua lavorazione e la sua natura idrofila ne limitano l'utilizzo per il confezionamento di bevande e alimenti. L'azienda italiana Sacmi ha già superato il primo ostacolo tecnologico sviluppando un sistema per la lavorazione e lo stampaggio di fibre secche di cellulosa che consente la produzione di oggetti complessi, come i tappi di bottiglia. La natura idrofila della cellulosa può invece essere modificata applicando specifici trattamenti di idrofobizzazione. In questo ambito, tre approcci potenzialmente scalabili ed ecosostenibili sono in fase di studio presso Sacmi: (i) la modifica di fibre cellulosiche vergini mediante "Chemical Vapour Deposition" (CVD) di un composto altamente idrofobico; (ii) l'attivazione mediante plasma della superficie della cellulosa prima di eseguire la funzionalizzazione con un composto idrofobico; (iii) il coating con olii vegetali poli-insaturi.
Nel primo approccio CVD, le fibre cellulosiche vengono esposte ai vapori di esadecil-trimetossi-silano, un silano altamente idrofobico, all'interno di un contenitore sigillato[2], variando temperature e tempi di esposizione. Successivamente, i substrati cellulosici vengono pressati a caldo ed infine trattati a 120°C per un'ora al fine di promuovere l'innesto del silano sulla superficie. Angoli di contatto stabili e superiori a 90° vengono ottenuti per temperature maggiori di 20°C e dopo il post-trattamento termico.
Il secondo metodo mira a migliorare la reazione tra le fibre cellulosiche con i composti idrofobici mediante l'attivazione preliminare della superficie di cellulosa. Per tale scopo, si è impiegato un metodo a secco utilizzando un sistema al plasma[3] ad ossigeno a pressione atmosferica. Sebbene la ricerca sia ancora agli inizi, i primi test sembrano promettenti e meritano ulteriori approfondimenti.
Nel terzo e ultimo approccio viene sfruttata una peculiarità degli olii vegetali poli-insaturi, nei quali la presenza di doppi legami nelle catene dell'acido grasso portano alla formazione di una struttura reticolata che forma un film solido e continuo attraverso un processo di polimerizzazione ossidativa che avviene naturalmente in condizioni atmosferiche nell'arco di diversi giorni. La reazione di polimerizzazione è stata accelerata applicando specifici trattamenti termici o esponendo il sistema reattivo al plasma a pressione atmosferica. La calorimetria differenziale a scansione (DSC) e la spettroscopia a infrarossi (ATR-FTIR) sono state condotte su campioni sottoposti a diversi processi di polimerizzazione per ottenere informazioni sul grado di conversione del sistema e per ottimizzare le condizioni stesse del trattamento. Le fibre di cellulosa trattate con l'olio ed esposte ad elevate temperature sono risultate idrofobiche con un basso assorbimento di acqua.

Riferimenti bibliografici:

1. Liu, Yaowen, et al. "A review of cellulose and its derivatives in biopolymer-based for food packaging application." *Trends in Food Science & Technology*; 2023; 112; 532-546.
2. Jin, Hua, et al. "Superhydrophobic and superoleophobic nanocellulose aerogel membranes as bioinspired cargo carriers on water and oil." *Langmuir*; 2011; 27.5; 1930-1934.
3. Leal, Salomé, et al. "Hydrophobic modification of bacterial cellulose using oxygen plasma treatment and chemical vapor deposition." *Cellulose*; 2020; 27; 10733-10746.

Analisi del ciclo di vita della plastica: stato dell'arte e prospettive

Arfelli F.[1], Rossi E.[1,2], Cespi D.[1,2], Ciacci L.[1,2], Passarini F[1,2]

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

Keyword: Plastica, Ambiente, Life Cycle Assessment, Microplastiche

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:
L'associazione tra plastica e salute dell'ambiente è argomento di grande rilevanza sia a livello politico che scientifico. Le implicazioni relative allo sfruttamento delle risorse coinvolte nella produzione di plastica (fonti fossili, biomasse o fonti secondare), ed in particolare gli impatti ambientali che si verificano nella fase del suo fine vita (relativi alla gestione o al rilascio di microplastiche nell'ambiente), sono oggetto di crescente dibattito e risulta ancora complicato bilanciare i benefici e gli svantaggi relativi all'utilizzo di questi materiali. In questo contesto, l'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) si pone come strumento di valutazione quantitativa, costituendo una delle metodologie più diffuse ed accettate per identificare e quantificare i potenziali impatti ambientali associati ad un prodotto o un sistema. Attraverso una selezione di casi studio il contributo mira a illustrare le potenzialità dell'LCA nel settore della plastica, evidenziandone prospettive e limiti.

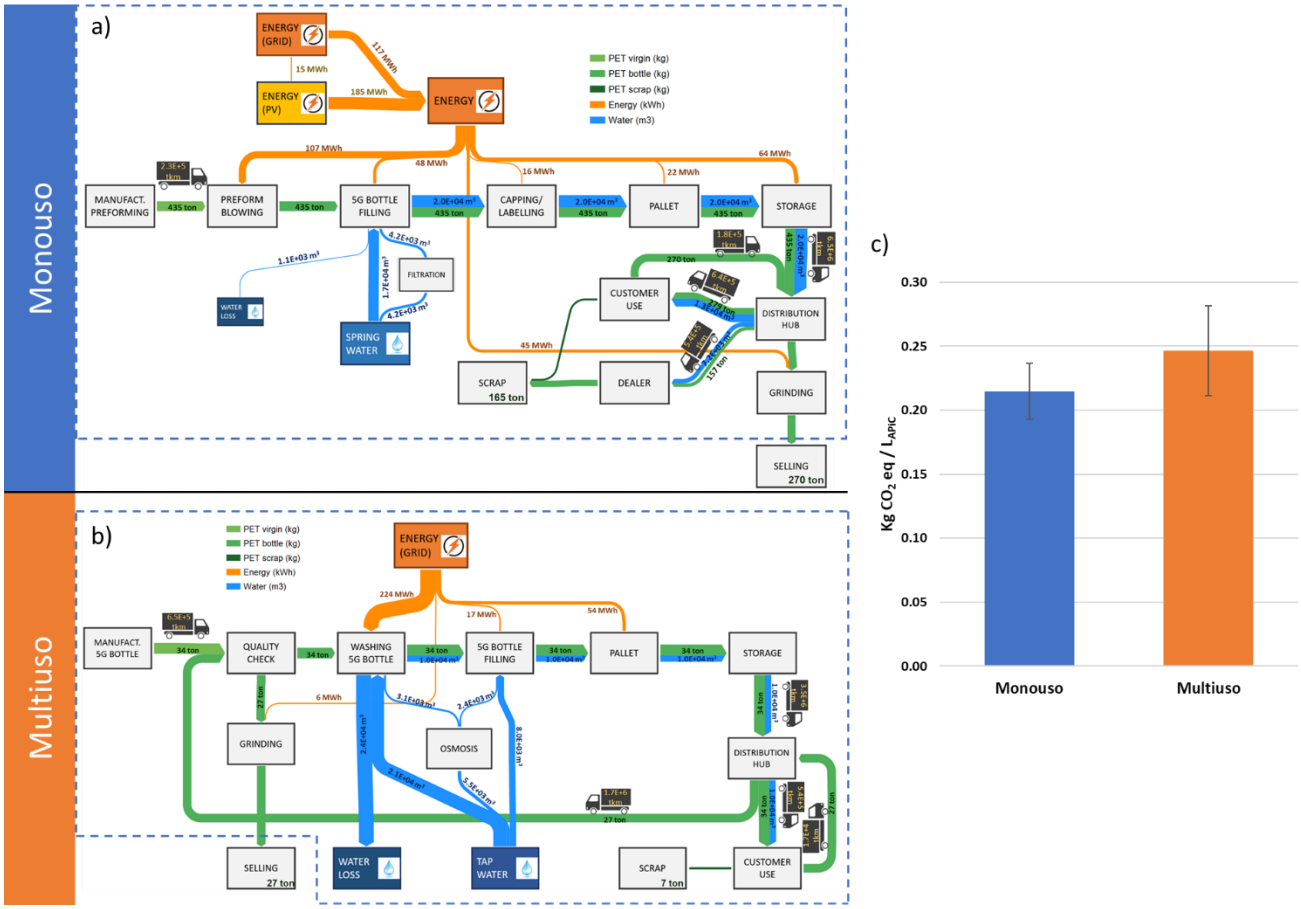


Figura 1: Sistema prodotto dei contenitori in PET monouso (a) e riutilizzabili (b) e confronto degli impatti relativi al Riscaldamento Globale (GWP) delle due alternative calcolato col metodo ReCiPe 2016.

Nello specifico, un primo caso studio [1] propone un confronto tra contenitori d'acqua monouso e riutilizzabili (Figura 1A e 1B), in riferimento ad 1 litro di acqua potabile contenuto nel recipiente (L_{APiC}), scelto come unità funzionale per la normalizzazione dei consumi di materia prima, di energia, delle emissioni e degli impatti relativi al trasporto e alla gestione dei rifiuti. I risultati individuano una confrontabilità tra gli impatti osservati: in particolare, al netto delle incertezze, 13/18 categorie mostrano una preferibilità per il monouso evidenziando, ad esempio, un valore di potenziale contributo di gas climalteranti di 0.205 kg CO_2 eq/L_{APiC} contro 0.214 kg CO_2 eq/L_{APiC} (Figura1C). Dall'analisi emerge l'elevata incidenza delle fasi logistiche, le quali rappresentano il

principale hotspot per tutte le 18 categorie di impatto valutate, rendendo dominante il ruolo delle distanze percorse e dei mezzi impiegati nella fase di approvvigionamento. Anche i consumi di acqua favoriscono il monouso, poiché i contenitori riutilizzabili richiedono un volume per il lavaggio pari a 2 L_{APiC}.
Nel secondo studio [2], viene esaminato un approccio metodologico che consente di valutare gli impatti e i benefici ambientali associati al riciclaggio meccanico e chimico del PET. Si discute la scelta di un'unità funzionale appropriata che tenga conto della qualità superiore del prodotto ottenuto attraverso riciclaggio chimico, identificato nel monomero di partenza. Al contrario, il PET proveniente da riciclo meccanico, potrebbe presentare caratteristiche prestazionali inferiori, limitandone il suo 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.
Infine, in linea con la crescente preoccupazione per la presenza di microplastiche nell'ambiente, viene discusso uno studio [3] che propone i primi fattori di caratterizzazione per valutarne l'impatto negli ecosistemi acquatici. L'innovazione risiede nella possibilità di stimare in maniera quali-quantitativa e comunicare in modo diretto e comprensibile l'impatto ambientale delle microplastiche.

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.

Interferenti endocrini derivati dalle plastiche nelle acque superficiali interne e marine costiere: evento alluvionale del 2023 in Emilia-Romagna

Luccarini C.[1], Profita M.[1], Martella L., Valbonesi P. [1], Fabbri E. [1]
[1]Dipart. Di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Campus di Ravenna, Italia

Keyword: Bisfenolo A; 4-Nonilfenolo; interferenti endocrini; plastiche; alluvione in Emilia-Romagna

Tipo di submission: Poster

Abstract: I rifiuti di materiali plastici in ambiente sono da decenni una delle principali cause di inquinamento, in particolare la loro degradazione porta a un rilascio di sostanze, quali additivi necessari alla loro lavorazione, che risultano persistenti e ubiquitari, sia nei sedimenti che nelle acque. La maggior parte di questi additivi sono considerati pericolosi per la salute degli organismi e per l'ambiente; tra questi vi sono il Bisfenolo A (BPA) e il 4-Nonilfenolo (NP), interferenti endocrini che mostrano attività simil-estrogenica negli organismi.
Gli eventi metereologici estremi sono sempre più frequenti in territori dove storicamente non vi era esigenza di prevenzione e tutela, questo sta portando alla rivalutazione delle misure di emergenza ma anche della salvaguardia ambientale. L'evento alluvionale di maggio 2023 in Emilia-Romagna si è rivelato drammatico dal punto di vista umano, delle infrastrutture ma anche del danno ambientale in quanto sono stati compromessi i sistemi di raccolta delle acque reflue, le esondazioni hanno smosso ingenti quantità di rifiuti e si è verificato un sovraccarico dei canali di drenaggio artificiali che hanno rapidamente riversato in mare quantità anomale di acqua.
Lo scopo del nostro studio è stato quello di indagare la presenza di interferenti endocrini derivati da rifiuti plastici nelle acque a seguito dell'alluvione nel territorio ravennate, adottando un approccio integrato tra analisi chimiche per valutare la presenza di BPA e NP nelle acque di fiumi e canali e nelle acque costiere, e biologiche per valutare il potenziale estrogenico delle acque interne.
Le analisi chimiche dei campioni sono state effettuate tramite cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa tandem, mentre è stato impiegato il test biologico E-screen per valutare l'attività estrogenica di cellule esposte all'acqua campionata.
Nel mese di maggio sono state rilevate nelle acque costiere le concentrazioni di BPA più elevate rispetto agli altri mesi di campionamento (giugno e ottobre). Nelle acque interne non sono emerse grandi differenze di concentrazione di BPA tra i fiumi e i canali di drenaggio, nonostante le dimensioni differenti dei corpi d'acqua; questo testimonia una contaminazione di questi ambienti non trascurabile.
Per il NP si è evidenziata una contaminazione diffusa nei corpi d'acqua ma senza andamenti significativi.
Le analisi biologiche hanno evidenziato una lieve attività estrogenica nell'acqua campionata dal fiume Lamone a maggio e a giugno, invece per il Reno si è riscontrata citotossicità cellulare; anche l'acqua del canale Cerba a giugno ha mostrato di indurre debolmente attività estrogenica.
I canali di drenaggio hanno mostrato livelli di contaminazione comparabili o anche superiori a quelli dei fiumi, suggerendo la necessità di azioni di monitoraggio a cui non sono normalmente sottoposti. La mancanza di dati storici non permette di correlare con certezza l'effetto dell'alluvione ai dati rilevati, sebbene sia evidente come BPA e NP siano contaminanti diffusi.

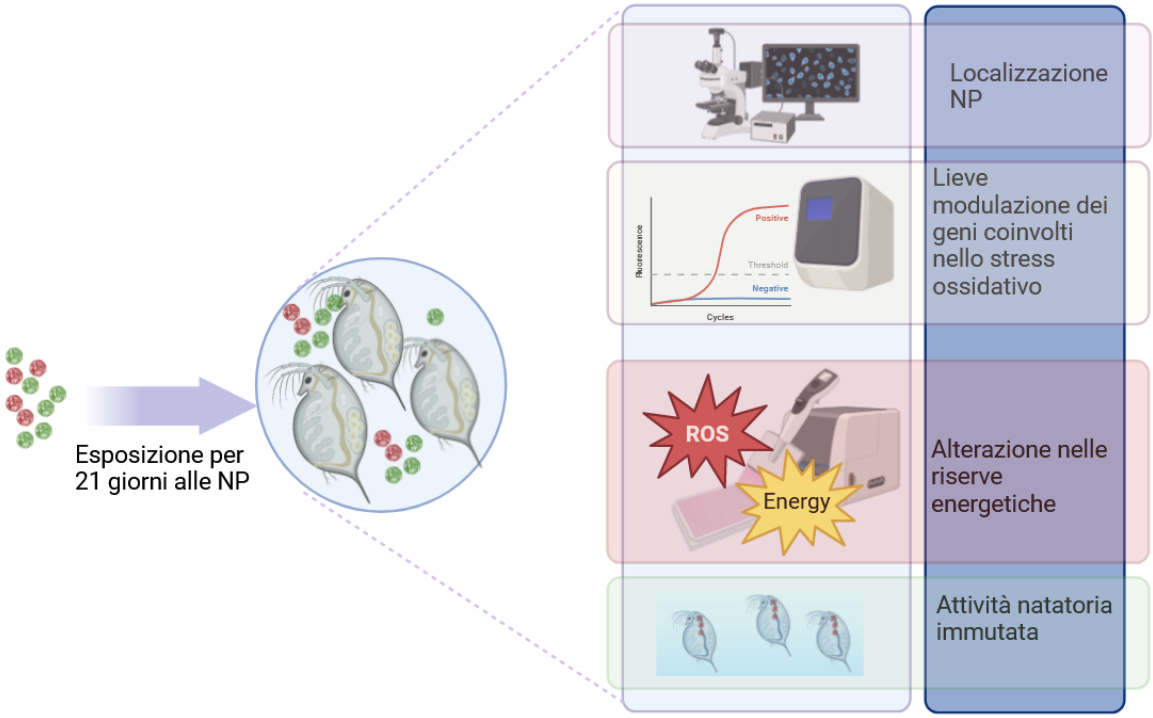
Effetti molecolari, biochimici e comportamentali indotti dalle nanoparticelle di polistirene in *Daphnia magna*

Casati L. [1], De Felice B.[2], Sauro G.[1], Sugni M. [2], Parolini M. [2]
[1] Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze della Salute, Milano, Italia
[2] Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze e politiche ambientali, Milano, Italia

Keywords: nanoplastiche, biomarcatori, espressione genica, stress ossidativo, daphnia magna

Tipo di submission: Poster

Abstract:
L'inquinamento da plastica rappresenta un grave pericolo per gli ecosistemi e la salute umana. Infatti, una vasta gamma di materiali di plastica di diverse composizioni, forme e dimensioni contaminano l'ambiente ed entrano nella catena alimentare, compromettendo potenzialmente la nostra salute. Negli ultimi anni le nanoplastiche (NP) hanno suscitato un notevole interesse, configurandosi come un campo di ricerca innovativo negli studi sull'ambiente e sul benessere umano.Le NP sono particelle di plastica di dimensioni inferiore agli 0,1 µm in grado di attraversare le membrane cellulari e di alterare lo stato di salute degli organismi. Sebbene alcuni studi preliminari abbiano rilevato la presenza di NP negli oceani e nelle acque dolci, le informazioni sulla loro pericolosità per gli organismi sono ancora limitate.
Lo scopo di questo studio è stato valutare i potenziali effetti dell'esposizione del cladocero d'acqua dolce *Daphnia magna* a due diverse concentrazioni (0,05 e 0,5 µg/mL) di NP di polistirene (PS-NP) per 21 giorni. Per valutare gli effetti delle PS-NP a livello sub-individuale (molecolare e biochimico) e individuale (comportamentale) è stato utilizzato un approccio multilivello. A livello molecolare, è stata analizzata la modulazione dell'espressione di diversi geni coinvolti nella risposta allo stress ossidativo (*Cat* e *Sod*), nei meccanismi di difesa (*Hsp*70) e nei processi fisiologici e comportamentali (*Flotilin*, *Serca* e *Jhe*). Per indagare gli effetti biochimici è stata studiata l'attività degli enzimi antiossidanti, dai livelli di perossidazione lipidica e dalle alterazioni delle riserve energetiche. Gli effetti a livello individuale sono stati valutati come alterazioni nell'attività natatoria (distanza percorsa e velocità di nuoto).
I nostri risultati hanno dimostrato che l'esposizione alle PS-NP inducono una lieve modulazione dei geni coinvolti nella risposta allo stress ossidativo, anche se non sono rilevabili cambiamenti a livello di risposta biochimica e attività enzimatica. Sono stati osservati cambiamenti significativi nelle riserve energetiche degli individui esposti per 21 giorni ad entrambe le concentrazioni di PS-NP, ma non si sono verificate alterazioni nell'attività natatoria. I nostri risultati suggeriscono che l'esposizione a basse concentrazioni di PS-NP potrebbe rappresentare un basso rischio per i cladoceri, almeno nelle condizioni sperimentali su cui ci siamo basati, confermando l'importanza di un approccio multilivello per valutare i rischi delle NP sugli organismi acquatici.



Miscele polimeriche di acido polilattico con materiali termoindurenti biobased, chimicamente riciclabili e self-healing

Gamberini L.[1], Liguori A.[1] Focarete M. L.[1]
[1]Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Bologna, Italia;

Keyword: PLLA; Termoindurente riprocessabile, bio-based, self-healing; sistemi termoplastico/termoindurente

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Oggigiorno, l'alleggerimento dei veicoli rappresenta una sfida importante per le industrie automobilistiche perché ciò consente di migliorare le prestazioni dei veicoli e ridurre le emissioni di CO_2. Tra le possibili iniziative, il PLLA è stato proposto come un'opzione interessante per la realizzazione di componentistica per automotive, principalmente in virtù della sua natura bio-based e della sua compostabilità. Tuttavia, il PLLA è generalmente caratterizzato da scarsa durabilità, elevata fragilità, scarsa flessibilità. Il miglioramento di tali proprietà mediante additivi presenta delle limitazioni, in quanto questi possono essere rilasciati nel tempo dal sistema. Un'interessante alternativa, ancora poco esplorata, è rappresentata dalla combinazione del PLLA con polimeri termoindurenti, strutture polimeriche reticolate caratterizzate da interessanti proprietà termiche, meccaniche e di resistenza ai solventi. I termoindurenti tradizionali hanno problemi di sostenibilità, perché sono derivati dal petrolio, non sono riciclabili e non sono riparabili. Questi problemi possono essere risolti progettando termoindurenti derivati da biomassa che incorporano legami covalenti reversibili, come le funzioni imminiche, all'interno delle catene polimeriche. Termoindurenti di questa tipologia sono stati sviluppati a partire da resine a base di vanillina[1,2,3], la quale viene funzionalizzata per ottenere monomeri polifunzionali contenenti gruppi imminici. Grazie a questi ultimi, il termoindurente ottenuto, oltre ad essere bio-based, possiede proprietà di riprocessabilità e self-healing. In questo lavoro, ci si è focalizzati sull'ottenimento di sistemi bio-based ottenuti dalla miscelazione del PLLA con un polimero termoindurente riciclabile, al fine di ottenere un materiale leggero avanzato che abbia buone proprietà termiche e meccaniche e che sia riciclabile sia meccanicamente che chimicamente. Lo studio è stato condotto su film prodotti mediante solvent casting, curati mediante lampada UV (UV lamp Thorlabs, λ = 365 nm) e trattati termicamente in stufa. Le analisi sulla stabilità termica e sulle transizioni termiche sono state studiate mediante analisi TGA e DSC (TA Instruments, TGAQ500 e DSCQ2000). Sono state condotte delle prove di immersione in diclorometano per verificare la stabilità chimica. Sono state eseguite le caratterizzazioni SEM e le proprietà meccaniche sono state studiate mediante DMA (TA Instruments, DMAQ800). La riciclabilità del materiale è stata appurata mediante test di riprocessabilità meccanica e di separazione dei componenti per via chimica. I risultati mostrano che è possibile produrre tali film e che le loro proprietà termo-meccaniche sono correlate alla loro composizione. Inoltre, i sistemi ottenuti risultano processabili meccanicamente e le due componenti possono essere separate e riciclate chimicamente.

Riferimenti bibliografici:

1. Liguori A., Hakkarainen M. Designed from Biobased Materials for Recycling: Imine-Based Covalent Adaptable Networks. *Macromolecular Rapid Communications* 2022; 43; 1-17.
2. Liguori A., Subramaniyana S., Yao J. G., Hakkarainen M. Photocurable extended vanillin-based resin for mechanically and chemically recyclable, self-healable and digital light processing 3D printable thermosets. *European Polymer Journal* 2022; 178; 1-10.
3. Xu Y., Odelius K., Hakkarainen M. Photocurable, Thermally Reprocessable, and Chemically Recyclable Vanillin-Based Imine Thermosets. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2020; 8; 17272−17279.

Finanziato dall'Unione europea – NextGenerationEU (Centro Nazionale Mobilità Sostenibile, *CN00000023,* Decreto MUR n. 1033 - 17/06/2022, SPOKE 11 Materiali Innovativi & Alleggerimento). I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione europea né la Commissione europea possono essere ritenute responsabili per essi.

Produzione di calze per l'allevamento di cozze a base di plastica bio-based da riciclo secondario e studio delle loro proprietà di biodegradazione

Matteo Calosi[1], Elisa Pignoni[2], Valentina Mazzanti[3], Francesco Mollica[3], Massimo Coltorti[2], Monica Bertoldo[1]
[1] Dipartimento di Scienze Chimiche, Farmaceutiche ed Agrarie, Università di Ferrara, Ferrara, Italia;
[2] Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Prevenzione, Università di Ferrara, Ferrara, Italia
[3] Dipartimento di Ingegneria, Università di Ferrara, Ferrara, Italia.

Keyword: Poliestere bio-based, reti da acquacoltura, biodegradabilità

Tipo di submission: Poster

Abstract:

L'inquinamento da plastica dei mari è una delle più grandi sfide che la società contemporanea si trova ad affrontare. I manufatti in plastica usati nelle industrie della pesca e dell'acquacoltura costituiscono un particolare pericolo per l'ecosistema a causa del rischio di intrappolamento in essi di organismi marini, un fenomeno detto "ghost fishing". La dispersione nell'ambiente di tali oggetti può avvenire nel corso delle operazioni di pesca oppure in seguito a forti eventi metereologici. Inoltre nel tempo la degradazione meccanica dei polimeri non biodegradabili di cui tali oggetti sono composti porta alla formazione di pericolose microplastiche.[1] La sostituzione dei materiali tradizionali con polimeri biodegradabili rappresenta una possibile soluzione; tuttavia il costo più alto di questi materiali paragonato alle plastiche tradizionali rappresenta una barriera.[2] Per questo motivo, in questo studio abbiamo usato un poliestere bio-based recuperato dagli scarti di produzione di capsule per caffè compostabili per la produzione tramite estrusione di calze per l'allevamento di cozze. Il grado di cristallinità e le proprietà termiche dopo lavorazione sono risultate inalterate seppure il peso molecolare medio si sia moderatamente ridotto (~25%). Nonostante questo, la resistenza meccanica del materiale è risultata paragonabile a quella di una calza tradizionale in polipropilene. Test in campo per l'allevamento di cozze sono attualmente in corso e la loro performance verrà paragonata a quella dei materiali tradizionali. Le plastiche bio-based sono spesso compostabili industrialmente ma hanno degradazione più lenta nel suolo e possono non venire biodegradate in acqua marina.[3] Tuttavia i manufatti da noi prodotti hanno densità più alta dell'acqua ed è quindi prevedibile che si possano accumulare prevalentemente sui fondali e la conoscenza del comportamento delle bioclastiche all'interfaccia fra sedimento e acqua marina è al momento ancora lacunosa. Per questo motivo sono attualmente in corso dei test di biodegradazione delle calze all'interfaccia sedimento/acqua (ISO 19679) utilizzando due sedimenti diversi, ossia prelevati in laguna salmastra (Goro, FE, Italia) e in una spiaggia sabbiosa del mar Adriatico, nonché i test di compostabilità.

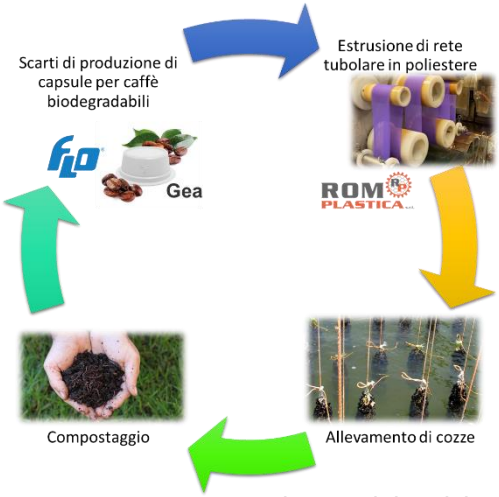


Figura 1: Rappresentazione del ciclo di produzione di poliestere da biomasse e sua prima lavorazione, riciclo degli scarti in calze per cozze e nuovo compostaggio in biomasse.

Riferimenti bibliografici:

1. S.C. Gall, R.C. Thompson, The impact of debris on marine life, *Marine Pollution Bulletin* 92, 2015, 170–179.
2. G. Wang, D. Huang, J. Ji, C. Völker, F.R. Wurm, Seawater-Degradable Polymers—Fighting the Marine Plastic Pollution, *Advanced Science*, 2020, 8 2001121.
3. S.J.Royer, F. Greco, M. Kogler, D.D. Deheyn, Not so biodegradable: Polylactic acid and cellulose/plastic blend textiles lack fast biodegradation in marine waters. *PLoS ONE* 2023, 18(5): e0284681.

Ringraziamenti: *L'attività è stata parzialmente sostenuta dal MUR attraverso il progetto "CURSA Industria 4.0 - PROCESSI DI DIGITALIZZAZIONE DELLE PUBBLICHE AMMINISTRAZIONI E DI AMBITI PRODUTTIVI SECONDO LE LINEE GUIDA DEL PROGRAMMA INDUSTRIA 4.0" - CUP Number B53C21001630001 e dal piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), Mission 04 Component 2 Investment 1.5 – NextGenerationEU, Call for tender n. 3277 dated 30/12/2021; Award Number: 0001052 dated 23/06/2022*

Inhalation of nanoplastics in the mouse model: tissue biodistribution and effects on the olfactory system

G. Prosperi, N. Marchetti, A. D'Elia, R. Massari, A. Soluri, G. Falcone, M. Zamboni, F. Scavizzi, G. Strimpakos, S. Marinelli, S. Mandillo, F.R. D'Amato, S. Farioli-Vecchioli*.

Institute of Biochemistry and Cell Biology, CNR, Via Ramarini 32, 00015 Monterotondo (RM)

Nanoplastics (NPs) are increasingly distributed in almost all ecosystems. Soil, air and water are not spared from this massive contamination that determines for various organisms, including humans, the presence of different routes of exposure to NPs, such as the food chain, water and air. Knowledge on the effects of NPs inhalation in mammals is still rather scarce, so the goal of our research is to evaluate the effects of NPs airborne administration on the mouse brain. For this purpose, adult mice were exposed via aerosol for 3 hours a day during 7 days to an aerosol solution containing polystyrene nanoplastics (PS-NPs with a diameter=100 nm) labelled with a red fluorophore. At the end of the NPs administration via aerosol, animals were subjected to an olfactory task (Odor detection threshold) and to pletismography to evaluate olfactory and respiratory parameters, respectively. After the sacrifice, we performed an *ex-vivo* analysis with a fluorescence optical imaging system to detect the bio-distribution of NPs in the different organs of mice and to evaluate any changes in distribution over time in specific tissues. By this analysis we found a presence of PS-NPs in the brain, lungs, testes and fat. Accumulation over time was detected exclusively in the lungs and fat. Plethysmograph analysis also highlighted a loss of lung function in mice exposed to NPs. Given the route of exposure employed, our work focused on studying the olfactory bulb (OB) and the subventricular zone, which supplies a continuous flow of new neurons to the OB. We found that PS-NPs exposure disrupted olfactory sensitivity for a specific odorant. We also observed a decrease in c-fos^{+} cells in olfactory bulb after an olfactory stimulation, thus suggesting that PS-NPs exposure may interfere with olfactory bulb functionality. Our data showed an activation of microglia within the OB of mice treated with PS-NPs, indicating the presence of pro-inflammatory phenomena. We also detected an upregulation of TYROBP, a microglial gene related to inflammatory-related phagocytosis. Finally, we observed that inhalation of NPs induced a strong increase of subventricular neurogenesis compared to control mice. These data lead us to hypothesize that NPs inhalation may alter the homeostasis and functionality of the OB with a consequent

compensatory action by subventricular neurogenesis. Further molecular, cellular and functional studies are underway to verify this hypothesis.

Acknowledgments

This contribution is based upon work from COST Action PRIORITY, CA20101, supported by COST (European Cooperation in Science and Technology).

Approccio multi-analitico allo studio delle bioplastiche in ambiente

Alessandro G. Rombolà[1], Andrea Facchin[1], Irene Coralli[2], Chiara Samorì[1], Cristian Torri[1], Nicolas Greggio[3], Daniele Fabbri[2]

[1]Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Alma Mater Studiorum-Università di Bologna, Campus di Ravenna, Via Sant'Alberto 163, 48123, Ravenna, Italia
[2]Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician" and C.I.R.I. FRAME Tecnopolo di Rimini, Alma Mater Studiorum-Università di Bologna, Via Dario Campana 71, 47192, Rimini, Italia
[3]Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Alma Mater Studiorum-Università di Bologna, Campus di Ravenna, Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali (CIRSA), Via Sant' Alberto 163, 48123, Ravenna, Italia

Keyword: Py-GC-MS, bioplastiche, polimeri biodegradabili, pirolisi

Tipo di submission: Poster

Abstract: Le bioplastiche si stanno diffondendo sempre di più come alternativa sostenibile alle plastiche convenzionali grazie al loro potenziale di mitigare l'inquinamento da plastica e il cambiamento climatico. La bioplastica è un tipo di plastica di origine biologica (bio-based) o biodegradabile oppure può possedere entrambe le caratteristiche. È stato stimato che quasi la metà delle bioplastiche di origine biologica non sono degradabili in ambiente [1]. Pertanto, la plastica non biodegradabile da fonti fossili dovrebbe essere gradualmente sostituita da plastica biodegradabile di origine biologica per prevenire la contaminazione dell'ambiente con detriti plastici.
La degradazione delle bioplastiche in ambiente è un processo complesso influenzato sia dalle proprietà della bioplastica che dalle condizioni ambientali. Attualmente mancano ancora informazioni dettagliate sulla composizione chimica delle plastiche biodegradabili commerciali. Pertanto, la valutazione del processo di degradazione in ambiente richiede che la composizione chimica (ovvero polimero e additivi) dei prodotti biodegradabili sia studiata mediante metodi analitici affidabili. Per caratterizzare i polimeri vengono utilizzate varie tecniche come la pirolisi analitica (Py-GC-MS), la spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR), la spettroscopia Raman e la microscopia elettronica a scansione. Tra le tecniche disponibili, le tecniche termoanalitiche sembrano presentare una maggiore sensibilità e risoluzione rispetto alle tecniche spettroscopiche (FTIR e Raman) per l'analisi quali-quantitativa dei biopolimeri [2]. In questo studio, è stato impiegato un approccio multi-analitico che combina Py-GC-MS, analisi dei gas evoluti-spettrometria di massa (EGA-MS), analisi termogravimetrica (TGA) e microestrazione in fase solida-spazio di testa e successiva gas cromatografia-spettrometria massa (HS-SPME GC-MS) per studiare le plastiche biodegradabili commerciali. Per i polimeri biodegradabili sono stati identificati i profili di degradazione termica, i marcatori di pirolisi e i composti rilasciati a diverse temperature. Le informazioni ottenute sono state applicate per studiare la composizione dei prodotti biodegradabili dopo l'invecchiamento ambientale. I risultati hanno mostrato che la variabilità chimica dei copolimeri (ovvero PBAT, PBS, PCL) presenti nelle bioplastiche commerciali insieme alla presenza di additivi di diversa natura influenzano il comportamento termico e, in definitiva, la biodegradabilità delle bioplastiche. Inoltre, questo studio ha dimostrato l'utilità del Py-GC-MS per far luce sulle caratteristiche chimiche delle bioplastiche commerciali.

Riferimenti bibliografici:

1. European Bioplastics, 2020. Bioplastics market development update 2020.
2. F. De Falco, T. Nacci, et al., *J. Anal. Appl. Pyrol*., 171 (2023), 105937.

Analisi degli additivi delle bioplastiche ed effetti di tossicità sui primi stadi vitali di *Mytilus galloprovincialis*

Scala S.[1], Rafiq A.[1], Fabbri E. [1], Samorì C.[2]
[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*, Mytilus galloprovincialis,* Embriotossicità.

Tipo di submission: Poster

Abstract:
L'inquinamento da plastica costituisce una delle principali minacce per l'ambiente sia a causa della formazione di micro e nanoplastiche che per il rilascio di additivi utilizzati per esaltarne la qualità, il colore e le caratteristiche meccaniche del materiale di partenza; tra questi si ritrovano composti in grado di alterare il sistema endocrino dell'uomo e delle specie marine. Gli additivi vengono rilasciati in ambiente durante i processi di degradazione delle plastiche non essendo legati in modo covalente ai polimeri (Gunaalan et al., 2020). Come alternativa alle plastiche convenzionali, si è iniziato a produrre bioplastiche. Spesso le bioplastiche, presentando materiali di partenza con caratteristiche meno performanti presentano gli stessi additivi delle plastiche convenzionali e in alcuni casi anche in maggiore quantità. Ad oggi la conoscenza relativa agli additivi utilizzati è ancora limitata e sono ancora pochi gli studi che si sono occupati di indagare gli effetti biologici degli additivi rilasciati dalle bioplastiche in ambiente (Chen, 2022; Capolupo et al., 2023).
Il presente studio si è occupato di caratterizzare gli additivi presenti in 6 campioni di bioplastiche e valutarne l'effetto mediante test biologici. I campioni analizzati sono stati rispettivamente: sacchetti del supermercato e sacchetti dell'umido a base di amido e polibutilene adipato-co-tereftalato (PBAT); bicchieri, forchette e cucchiai in polibutilene succinato (PBS) e acido polilattico (PLA) e piatti in acido polilattico (PLA).
I lisciviati di ogni campione sono stati ottenuti utilizzando acqua di mare artificiale; i campioni (80 g/L) sono stati incubati in agitazione (125 rpm) e al buio per 14 giorni a temperatura ambiente (~25°C). La caratterizzazione chimica degli additivi è stata effettuata sia nei materiali di partenza che sui lisciviati delle bioplastiche ottenuti mediante Gas Cromatografia – Spettrometria di Massa (GC-MS) dopo sililazione dei campioni.
Congiuntamente ai test chimici sono stati effettuati test su endpoint delle prime fasi di vita dei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) riguardanti la fertilizzazione dei gameti e l'embriotossicità. È stato valutato l'effetto di undici concentrazioni dal 100% (lisciviato tal quale) allo 0,6% (diluzione di 167 volte) dei lisciviati di bioplastiche (Capolupo et al., 2023).
Le analisi chimiche dei lisciviati hanno indicato la presenza di silossani, acidi grassi a lunga catena e zuccheri nelle bioplastiche analizzate. I test biologici hanno evidenziato effetti di embriotossicità per tutti i campioni; le concentrazioni più alte dei lisciviati di alcuni campioni (sacchetti dell'umido, bicchieri e sacchetti del supermercato) hanno inoltre causato la riduzione della fertilizzazione dei gameti.

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. Biodegradable plastics in the marine environment: a potential source of risk? Water Emerging Contaminants & Nanoplastics 2022; 1: 16.
3. Gunaalan, K., Fabbri, E., Capolupo, M. The hidden threat of plastic leachates: A critical review on their impacts on aquatic organisms. Water Research 2020; 184; 116170.

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".

Quantificazione della fotodegradazione delle microplastiche: luci ed ombre della spettroscopia micro-FTIR

Conterosito E.[1], Roncoli M.[2] Ivaldi C.[1], Perin E.[2], De Felice B.[3], Gazzotti S.[4], Ortenzi M.A.[4], Parolini M.[3], Gianotti V.[3]
[1]Dipartimendo per lo Sviluppo Sostenibile e la Transizione Ecologica, Università del Piemonte Orientale, Vercelli, Italia; [2]Dipartimento di Scienze e Innovazione Tecnologica, Università del Piemonte Orientale, Alessandria, Italia; [3]Department of Environmental Science and Policy, Università degli Studi di Milano, Milano, Italia [4]LaMPo, Department of Chemistry, Università degli Studi di Milano, Milano, Italia

Keyword: microplastiche, analisi multivariata, spettroscopia micro-FTIR, bioplastiche compostabili

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: La comprensione delle origini delle microplastiche e la valutazione delle conseguenze dell'inquinamento da plastica poggiano sulla possibilità di ottenere informazioni chimiche precise. In questo contesto, una sfida notevole risiede nei cambiamenti chimici che le microplastiche subiscono a causa del foto-invecchiamento, i quali ostacolano l'abbinamento spettroscopico e l'identificazione.[1] Attualmente, la spettroscopia micro-FTIR è una delle tecniche più utilizzate per lo screening delle microplastiche, poiché abbina la possibilità di raccogliere immagini ottiche delle particelle con le informazioni chimiche fornite dagli spettri IR. La sensibilità della spettroscopia micro-FTIR a riflessione allo spessore delle particelle e ai cambiamenti chimici indotti dalla fotodegradazione, da un lato ostacola il riconoscimento automatizzato mediante *matching* con le librerie di spettri,[2] ma dall'altro contiene informazione a livelli che sono oltre la portata dell'analisi dati convenzionale. L'obiettivo dello studio è lo sviluppo di un metodo per l'identificazione e la determinazione del grado di foto-ossidazione delle microplastiche sfruttando l'analisi multivariata dei dati micro-FTIR. Sono state studiate quattro tipi di microplastiche ottenuti da oggetti comuni: due convenzionali (PE e PS) e due bioplastiche compostabili (PLA e PBAT), che sono state sottoposte a foto-invecchiamento accelerato artificialmente e analizzate mediante spettroscopia micro-FTIR nel range del medio infrarosso. L'analisi delle componenti principali (PCA) è stata in grado di classificare i polimeri e mostrare tendenze di degradazione, evidenziando anche minimi cambiamenti negli spettri. Particolare attenzione è stata data al *preprocessing* del dataset, che è uno step essenziale e con un grande impatto sull'esito dell'analisi. Sono stati quindi testati e valutati diversi passaggi di *preprocessing*. È stato affrontato anche il problema degli "artefatti" spettrali di riflessione ottenuti da particelle più spesse di 100 µm, che spesso ostacolano il riconoscimento del polimero mediante *matching* spettrale.

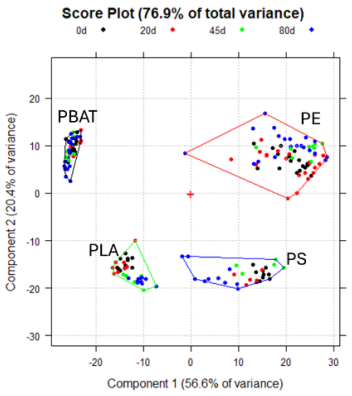


Figure 1: PCA scores plot of the four types of microplastics.

Riferimenti bibliografici:

1. C. Rathore, M. Saha, P. Gupta, M. Kumar, A. Naik and J. De Boer, *Sci. Total Environ*. 2023; 888; 164157.
2. J.-L. Xu, K. V. Thomas, Z. Luo and A. A. Gowen, *TrAC Trends Anal. Chem.* 2019; 119; 115629.

Pacciamatura: valutazione del trasferimento di contaminanti e confronto tra materiali plastici convenzionali e biodegradabili
Mulching: assessment of contaminant transfer and comparison between conventional and biodegradable plastic materials

Scopetani C.[1], Bellabarba A.[2,3], Selvolini G.[1], Martellini T.[1,4], Viti C.[2,3], Adessi A.[2], Marrazza G.[1], Cincinelli A.[1,4]

[1]Dipartimento di Chimica "Ugo Schiff" (DICUS), Università di Firenze, Via della Lastruccia 3, 50019 Sesto Fiorentino (FI), Italia
[2]Laboratorio di Fenomica, Genomica e Proteomica (GENEXPRESS), Università di Firenze, Via della Lastruccia 14, 50019 Sesto Fiorentino (FI), Italia
[3]Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, 50144 Firenze, Italia
[4] Consorzio Interuniversitario per lo sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase (CSGI), Università di Firenze, Via della Lastruccia 3, 50019 Sesto Fiorentino (FI), Italia

Keyword: Inquinamento da plastica, Additivi plastici, Teli pacciamatura Plastica biodegradabile, Ftalati

Tipo di submission: Poster

Abstract

La pacciamatura, una pratica agricola ampiamente utilizzata, consiste nel posizionare un telo protettivo sulla superficie del terreno agricolo [1]. Di solito, ciò avviene utilizzando film in polietilene (PE), noti per contenere additivi come gli ftalati, che possono interferire con le funzioni endocrine degli animali e degli uomini. Ciò può comportare rischi ambientali e per la salute umana, considerando che dai teli pacciamanti gli additivi possono migrare nel suolo e successivamente nelle piante da coltura.
I teli in plastica biodegradabile potrebbero costituire un'alternativa per ridurre le problematiche legate ai rifiuti di plastica nel suolo ed ai costi associati alla rimozione dei teli in PE. Tuttavia, sorgono preoccupazioni riguardo al possibile rilascio di additivi da questi film, che potrebbero avere impatti negativi sulla biodiversità e la salute umana. Al fine di valutare il trasferimento dei contaminanti dai teli al suolo, è stato condotto un esperimento in campo utilizzando piante di fragola (*Fragaria L.* cultivar Camarosa) e pacciamando il terreno con quattro diversi materiali: PE, polietilene biodegradabile (PE-BIO), polipropilene (PP) e polibutilene adipato tereftalato (PBAT)/amido. Ftalati e altri additivi plastici come acetiltributilcitrato, dibutil sebacato, e tris(2-etilesil)-fosfato sono stati quantificati in campioni di substrato utilizzando la gas cromatografia/spettrometria di massa (GC-MS). I campioni di fragole sono in fase di estrazione e di analisi.
Sono stati eseguiti test statistici non parametrici ed il test di Kruskal-Wallis, seguito da quello di Dunn, ha mostrato differenze significative nella concentrazione totale di ftalati tra i controlli ed i campioni di substrato dove sono stati utilizzati teli in PE-BIO ($p=0,033$) e in PP ($p=0,002$). Inoltre, è stata osservata una differenza significativa anche tra il substrato pacciamato con teli in PE e quello pacciamato con teli in PP ($p=0,048$). Tuttavia, non sono state trovate differenze statisticamente significative tra i controlli ed il substrato pacciamato con teli in PBAT-amido ed in PE ($p=1$). Per quanto riguarda il dibutil sebacato e l'acetiltributilcitrato, i test statistici non hanno evidenziato differenze significative tra i trattamenti ($p>0,143$).
I risultati ottenuti contribuiranno a valutare i rischi associati all'impiego dei teli di pacciamatura nei suoli agricoli e a identificare eventuali differenze nel trasporto di contaminanti tra i vari materiali utilizzati per la realizzazione dei teli.

Riferimenti bibliografici:

1. Baoqing Chen, Jixiao Cui, Xulun Man, Wenyi Dong, Changrong Yan, Xurong Mei. The climate cost of saving water by different plastic mulching patterns. *Journal of Cleaner Production,* 2022, *Volume 359,* 132011,

Parking Lots as a Source of Microplastics in Urban Environments: Site Characterization and First Effects on Model Springtail Species

Scaramelli M.[1,2,3], Sabatini M.A.[1], Gamberini M.C.[3], Simonini R.[1], Prevedelli D.[1], Bergami E.[1,2]

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

[2] NBFC, National Biodiversity Future Center, Palermo 90133, Italy;

[3] Department of Chemical and Geological Sciences, University of Modena e Reggio Emilia, via Campi 103.

Keyword: Plastic, contamination, ecotoxicity, terrestrial ecosystems, collembola

Tipo di submission: Poster

Abstract: Microplastics (MP), having a size below 5 mm, are ubiquitous in terrestrial ecosystems, found in soils exposed to various anthropogenic activities as well as in remote areas due to long-range atmospheric transport and deposition. Their widespread occurrence raises concerns as they may impair soil health and functions, and significantly affect soil organisms throughout their life cycle. However, records of local sources of MP in urban environments are still limited, highlighting the need for further research on MP monitoring to find measures for preserving soil biodiversity in our cities.

This study aimed to assess the level of MP in topsoil from an urban parking lot in Reggio-Emilia (Italy) and the effects of parking-related MP on the model organism *Folsomia candida* (Collembola).

To extract MP from soil samples, an eco-friendly protocol was applied, involving flotation with canola oil, oxidative treatment to remove the excess of organic material, and subsequent isolation of MP on glass-fibre filters. MP were then analysed by an optical digital microscope, enabling semi-automatic MP counting and size measurements. Sub-samples were further analysed by Raman microscopy to determine the prevalent MP polymers.

The effects of the most abundant MP type were evaluated on the soil springtail *F. candida* through a chronic toxicity test, by exposing synchronized juveniles to increasing MP concentrations (up to 1000 mg/kg). MP ingestion as well as effects on mortality and reproduction were recorded after 28 days.

Our results show high concentrations of MP in the urban parking lot, with MP estimates ranging from 120,000 to 280,000 MP/kg. Most of MP derived from the *in situ* weathering of plastic parking grids. The preliminary toxicity results on *F. candida* indicate increasing mortality rate at increasing MP concentrations, reaching 56.7±5.8% at 1000 mg/kg compared to the control group.

This study contributes to understanding the risk of MP to soil springtails. Sustainable-oriented urban planning may help to prevent human-driven disturbances to urban soil biodiversity.

Biochar e microplastiche: decontaminazione biocompatibile?

S. Guernelli[1], Annalisa Zaccaroni[2], Alice Dal Chiele[2], Ettore Madonia[3], Pellegrino Conte[3], Paolo Lo Meo[4]
[1]Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Università di Bologna, Bologna, Italia;
[2]Dipartimento di Scienze Mediche Veterinarie, Università di Bologna, Cesenatico (FC), Italia;
[3]Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali "SAAF", Università di Palermo, Palermo, Italia
[4]Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche "STeBiCeF", Università di Palermo, Palermo, Italia

Keyword: microplastiche, biochar, decontaminazione

Tipo di submission: Poster

Abstract: Le microplastiche rappresentano ad oggi un contaminante ubiquitario, reperibile in qualunque compartimento ambientale e in tutte le specie viventi, a prescindere dal loro habitat e dalle loro caratteristiche ecologiche (An et al, 2020). Gli ambienti acquatici sono tra i compartimenti ambientali maggiormente interessati dalla presenza di questi contaminanti, anche in considerazione del fatto che i corpi idrici rappresentano il destino finale di tutti gli inquinanti, plastiche comprese, e sono gli ambienti in cui più facilmente si assiste alla frammentazione delle macroplastiche in microplastiche.
Il *"Piano d'azione dell'UE verso l'inquinamento zero dell'aria, dell'acqua e del suolo"* richiede una riduzione di almeno il 50% dei rifiuti di plastica in mare e di almeno **il 30% delle microplastiche** rilasciate nell'ambiente entro il 2030. Se le macroplastiche possono essere eliminate in maniera relativamente facile dagli ambienti acquatici, grazie a sistemi di raccolta e/o filtraggio, più difficile è operare sulle microplastiche, anche e soprattuto a causa delle loro dimensioni.
Il presente lavoro preliminare vuole valutare l'efficacia di diverse tipologie di biochar nell'adsorbimento di microplastiche, in tre diverse condizioni sperimentali. Il biochar è un materiale poroso e carbonioso prodotto dalla pirolisi delle biomasse vegetali e dai processi di lavorazione degli scarti alimentari (Conte et al, 2021).
Nello specifico, sono stati utilizzate cinque tipologie di biochar: 1) HAY BC : biochar di fieno di fave, pirolizzato a 450 °C; 2) ALMOND HUSK BC : mallo di mandorle pirolizzato a 450 °C; 3) OPUNTIA BC : pale di fico d'india pirolizzate a 450 °C; 4) OLIVE OIL PUMACE BC : sansa di olive gassificata a 1200 °C; 5) PIOPPO BC : legno di pioppo gassificato a 1200 °C. La determinazione delle capacità adsorbenti dei biochar è stata valutata in condizioni di staticità, di agitazione e mediante filtraggio. Per ogni condizione sono state effettuate 3 repliche/biochar e si sono effettuate diverse misurazioni entro un arco temporale di 4 ore.

Riferimenti bibliografici:

1. An, L., Liu, Q., Deng, Y., Wu, W., Gao, Y., & Ling, W. Sources of microplastic in the environment. *Microplastics in terrestrial environments: Emerging contaminants and major challenges, 2020, 143-159.*
2. Conte, P., Bertani, R., Sgarbossa, P., Bambina, P., Schmidt, H. P., Raga, R., Lo Papa, G., Chillura, D., Lo Meo, P. Agronomy. *Recent Developments in Understanding Biochar's Physical–Chemistry*, *2021, 11, 1-41.*

Approccio analitico multi-tecnica per lo studio delle eco-interazioni tra nanoplastiche e polline

Coralli I.[1], Giordani S.[2] Placci A.[2], Wang J.[2], Zattoni A.[2], Roda B.[2] Reschiglian P.[2], Marassi V.[2], Fabbri D.[1]

[1]Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Università di Bologna, Tecnopolo di Rimini, Italia;
[2]Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Università di Bologna, Bologna, Italia

Keyword: Nanoplastiche, Polline, Eco/bio-corona, AF4, pirolisi analitica

Tipo di submission: Presentazione Orale

La contaminazione ambientale da plastiche è oggetto di discussione da diversi anni e, nonostante i significativi progressi compiuti dalla ricerca, le sfide analitiche rimangono considerevoli soprattutto per le particelle più piccole, come micro e nano-plastiche (MP 1 µm – 1 mm, NP 1 nm – 1 µm, rispettivamente). Le NP destano la maggiore preoccupazione a causa delle loro dimensioni, che le rendono potenzialmente soggette ad uptake cellulare1, ma attualmente il loro studio è principalmente limitato a studi in laboratorio che raramente considerano la complessità ambientale. È noto che M/NP in ambiente sviluppino l'eco/bio-corona (EC), uno strato di matrice che si lega fortemente alla loro superficie grazie all'estesa area superficiale e forte affinità di legame. L'EC modifica identità biologica di M/NP influenzando potenzialmente i processi di uptake cellulare. Finora, la natura, la formazione e le conseguenze dell'EC sul destino delle particelle rimangono in gran parte inesplorati. Tuttavia, l'indagine di questi aspetti è di estrema importanza per tracciare la bio-distribuzione di M/NP.
Il presente contributo propone un approccio multi-tecnica per studiare le interazioni tra NP in polietilentereftalato (PET) e polline. Il polline è stato scelto perché co-campionato dalle api assieme a airborn NP, di cui il PET è il maggiore componente in contesto urbano, fornendo un primo scenario di interazione plastica/medium. Inoltre, lo studio mira a (I) verificare la rivelabilità delle NP nel polline che, essendo un superfood commercializzato e non trattato, è molto più suscettibile alla contaminazione rispetto al miele (II) testare l'analisi cruelty-free del polline come sostituto delle api, attualmente impiegate come sentinelle[2], per il principio DNSH (Do No Significant Harm) e (III) monitorare la formazione di EC.
L'approccio proposto prevede l'accoppiamento di più tecniche: Asymmetrical Flow Field Flow Fractionation (AF4) per la separazione delle frazioni di NP, polline e loro miscela; Diode Array, differential Refractive Index and Multi Angle Light Scattering (MALS DAD-dRI-MALS) per la caratterizzazione dimensionale, morfologica e spettroscopica delle frazioni online; pirolisi accoppiata a gascromatografia e spettrometria di massa (Py-GC-MS) per la caratterizzazione chimica delle diverse specie offline.
A seguito di AF4, l'indagine online ha permesso di visualizzare le modifiche dimensionali subite dalle NP in presenza della porzione idrosolubile del polline e di valutare la formazione di EC attorno alle particelle. Inoltre, l'accoppiamento offline con Py-GC-MS ha consentito la caratterizzazione chimica delle specie polliniche e delle NP, mostrando il potenziale per fornire informazioni sulla composizione dell'EC. In generale, questo lavoro rappresenta il primo sforzo nello studio delle modifiche che le NP subiscono in una matrice complessa, come il polline, anziché limitarsi alla mera identificazione delle particelle. Approfondire la conoscenza in questo campo è fondamentale per chiarire le interazioni NP-matrice che portano alla formazione di EC e il successivo impatto che questa determina comportamento delle NP nell'ambiente.

Ringraziamenti: Financed by the European Union – NextGeneration EU through the Italian Ministry of University and Research under PRIN 2022 PNRR DOMANI, No. P2022SET7C.

Riferimenti bibliografici:

1. Mosquera J., García I., Liz-Marzán L.M. Cellular Uptake of Nanoparticles versus Small Molecules: A Matter of Size. *Accounts of Chemical Research* 2018; 51(9); 2305-2313.
2. Edo C., Fernández-Alba A.R., Vejsnæs F., van der Steen J.J.M, Fernández-Piñas F., Rosal R., Honeybees as active samplers for microplastics *Science of The Total Environment* 2021; 767; 144481.

Scale-up of multilayer packaging delamination process using CO2-switchable surfactants.

Vanessa Spadavecchia, Vincenzo Arpaia, Roberta Mastroddi, Martina Vagnoni, Chiara Samorì, Emilio Tagliavini, Paola Galletti.

Dipartimento di chimica “Giacomo Ciamician”, Università di Bologna, Via Piero Gobetti 85, 40129 Bologna

Keyword: Plastics, Packaging, Recycling.

Tipo di submission: Poster

Abstract:

Around 25.8 Mt of plastic waste is produced in Europe each year, 59% of which is plastic packaging. At present, multilayer flexible packaging waste represents the largest portion of non-recyclable packaging, accounting for around 20% of all flexible packaging [1].
Packaging products with specific food aromas such as coffee is one of the sectors most using laminated packaging as a barrier for oxygen, moisture, and aromas. Laminated packaging generally has a foil of aluminium and various layers of plastics and adhesives. A conventional coffee package may have a laminate structure (from the inner layer to the outer layer) of polyethylene (PE), inner polyethylene terephthalate (PET), and metal foil (Al). [2].
MERLIN European project focuses on the identification of multilayer rigid, non-metalized flexible and metalized flexible packaging, and its recycling, developing a specific recovery process for each of them. The different fractions of plastics recovered present in the structures are separated and recycled and repolymerized fractions are used for the development and validation of packaging demonstrators, including recyclability and food contact evaluations.

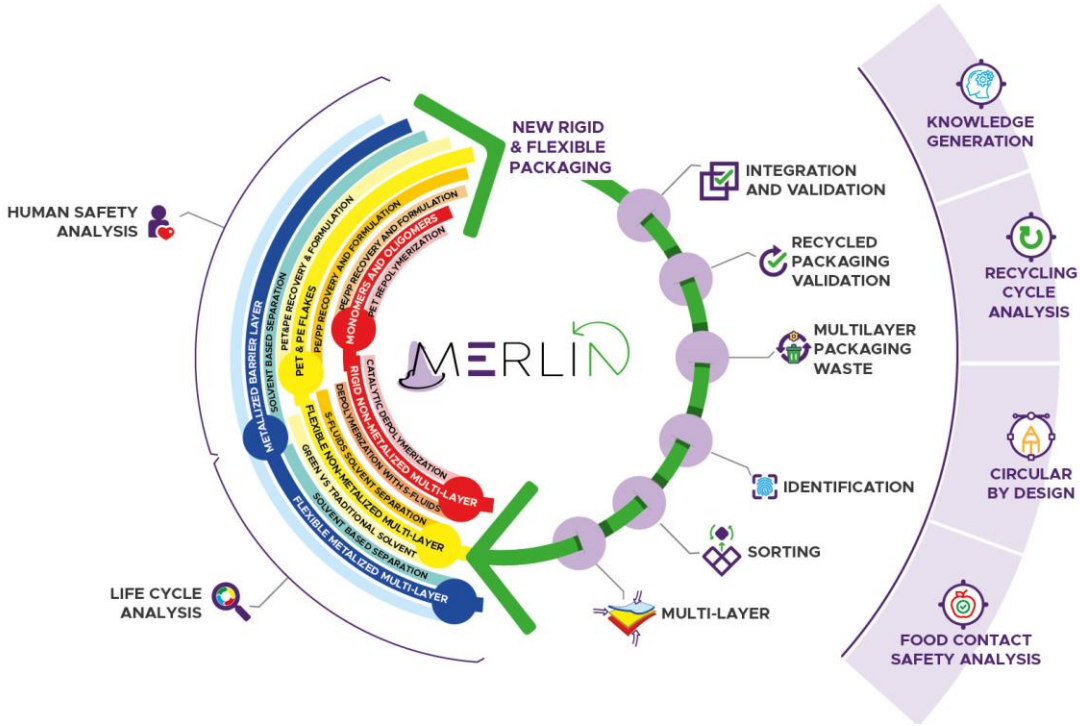


Figure 1: Merlin project cycle diagram.

The objective of this study was to scale up the process of delamination of conventional coffee packages using aqueous solutions of sustainable surfactants that could separate PE from PET and aluminium ready to be recycled.

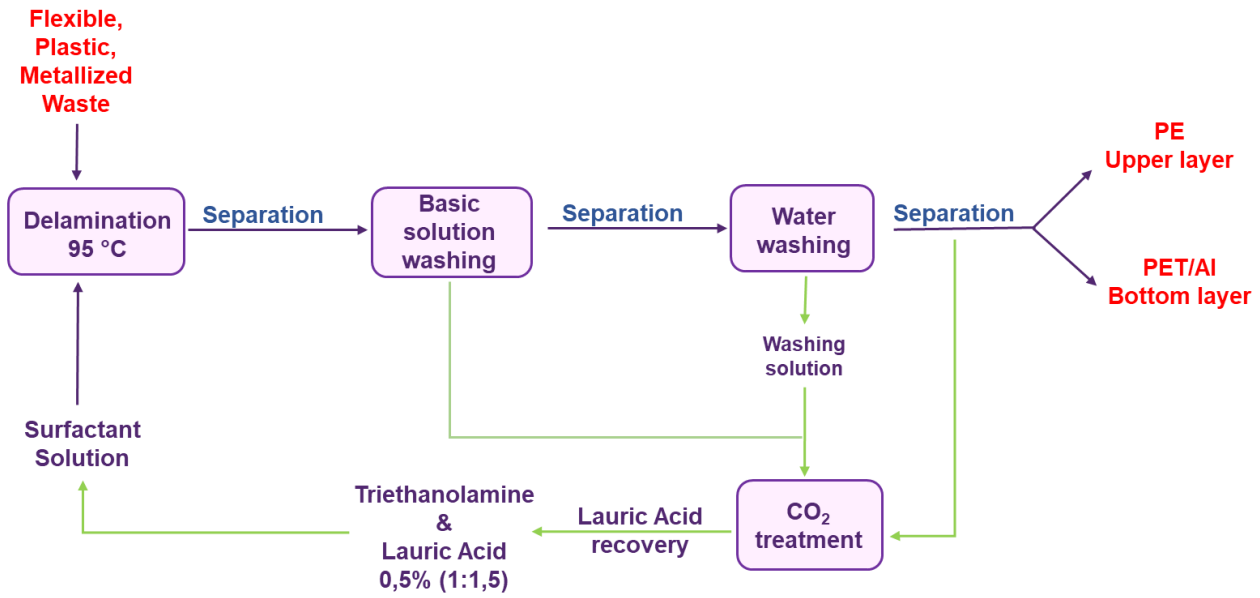


Figure 2: Delamination process.

Switchable anionic surfactant (SAS) solution made of lauric acid (C_{12}) (14mM) and triethanolamine (TEA) (18mM) was used for this purpose. The delamination process was effective in 3 h at 90°C, with a material loading of 5% and a surfactant concentration of 0.5% (w/w) [3].
Delaminated materials (PE, PET/Al), obtained at the end of the delamination process, were washed with an alkaline solution (20 mM, NH_4OH) for 1 h to remove C_{12} and TEA residues, followed by a final washing with water and material separation by gravity.
PE was collected from the top of the separation system, while PET/Al were collected from the bottom.
At the end of the process the alkaline solution and the water, used for washing were treated with solid CO_2 to change the pH, recover lauric acid in the neutral form (water insoluble) and use it again for preparing a new SAS solution.

The main polymer obtained was PE, quantitatively delaminated from aluminium and the other polymeric layers and with mechanical properties like those of virgin PE. The results with PET were less satisfactory since it was not separable from the thick aluminium layer under any tested conditions.

Riferimenti bibliografici

1. Kaiser, K.M., 2020. Recycling of multilayer packaging using a reversible cross-linking adhesive. J. Appl. Polym. Sci. 137 (40) https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.49230

2. Berkane I. et al., 2023. The delamination of metalized multilayer flexible packaging using a micro perforation technique. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106744

3. Vagnoni M., et al., 2023. Recycling of multilayer packaging waste with switchable anionic surfactant. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107141

Sviluppo di materiali test ad elevata rilevanza ambientale per l'analisi di micro- e nanoplastiche

Federici S.[1], Ducoli S.[1] Depero L.E.[1]
[1]Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale, Università degli Studi di Brescia, INSTM Unità di Ricerca di Brescia, Brescia, Italia

Keyword: microplastiche, nanoplastiche, materiali test, rilevanza ambientale

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: L'inquinamento ambientale causato dalla plastica è globalmente riconosciuto come una importante sfida che colpisce sia gli ecosistemi che la salute umana [1]. Negli ultimi anni, le attività di ricerca della comunità scientifica e le attenzioni da parte della società e dei decisori si sono concentrate particolarmente sui frammenti alla micro- e nanoscala, generati dalla degradazione e frammentazione in ambiente dei rifiuti di plastica più grandi. Ad oggi, tuttavia, la mancanza di metodi e protocolli condivisi e uniformati per studi qualitativi e quantitativi è ancora estremamente marcata, portando ad un bisogno sempre più urgente di creare materiali di riferimento o di test di alta qualità per studi di laboratorio, ottimizzazione di protocolli e costruzione di database [2]. Le caratteristiche richieste per questi materiali, possibili candidati per simulare la controparte ambientale, sono molto complesse e risiedono nella necessità di mimare materiali ambientali di forma e dimensioni eterogenee, di diversa composizione chimica e chimica superficiale. Questo contributo presenta uno studio per lo sviluppo di materiali test più realistici, definiti "true-to-life", che possano simulare in modo più efficace i frammenti ambientali per studi di laboratorio. Nel caso dei frammenti alla microscala, le microplastiche "true-to-life" vengono generate per mezzo di frammentazione meccanica in condizioni di criogenia, partendo da prodotti di plastica di utilizzo comune. A seguito di una estesa caratterizzazione dei frammenti generati, si può dimostrare come le caratteristiche delle microplastiche "true-to-life", quali forma, morfologia, struttura e identità chimica, varino a seconda del tipo di plastica di partenza e a seconda della tecnica di frammentazione utilizzata. Questi risultati sono molto importanti per sottolineare come la scelta di un materiale test sia determinata dal quesito di ricerca e possono servire per lo sviluppo e la validazione di procedure di analisi armonizzate per valutare gli impatti sui sistemi ambientali e biologici di microplastiche ambientali. Dai frammenti "true-to-life" alla microscala è possibile anche separare la frazione nanometrica ed ottenere nanoplastiche "true-to-life" per investigare le interazioni con sistemi ambientali e biologici. In particolare verranno presentati i risultati del confronto della formazione di corona proteica da plasma umano sia su nanoplastiche "true-to-life" che su nanosfere commerciali, dimostrando come la composizione della corona mostri peculiarità diverse [3]. Questi risultati sottolineano l'importanza di integrare le attività di laboratorio con condizioni più rilevanti dal punto di vista ambientale, partendo dalla scelta consapevole di materiali test con caratteristiche più realistiche e più simili ai frammenti ambientali.

Figura 1. Micro- e nanoplastiche "true-to-life"

Riferimenti bibliografici

1. United Nations Environment Programme (2023). Turning off the Tap. How the world can end plastic pollution and create a circular economy.
2. Federici S. et al., COST Action PRIORITY: An EU Perspective on Micro- and Nanoplastics as Global Issues. *Microplastics* 2022; 1(2), 282-290
3. Ducoli S., Federici S., et al. Characterization of polyethylene terephthalate (PET) and polyamide (PA) true-to-life nanoplastics and their biological interactions. *Environmental Pollution* 2024; 343,123150.

Valutazione della tossicità e del trasferimento trofico in *Spirodela polyrhiza* (L) Schleid. e *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865) esposti a microparticelle di polietilene

Valentina Iannilli[1], Laura Passatore[2], Serena Carloni[2], Francesca Lecce[1], Fabrizio Pietrini[2], Massimo Zacchini[2]
[1]ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Laboratorio Biodiversità e Servizi Ecosistemici, C.R. Casaccia (ROMA); [2] Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri (IRET), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Montelibretti (ROMA)

Keyword: Anfipodi, fisiologia vegetale, lenticchia d'acqua, Comet assay, tossicologia acquatica

Tipo di submission: Poster

Abstract: Le microplastiche (MP) sono ampiamente riconosciute come una minaccia emergente per i sistemi viventi. Infatti, la loro ampia diffusione in habitat acquatici e terrestri, anche estremi [1], ha portato inevitabilmente a interagire con il biota. Malgrado ciò, in letteratura sono presenti informazioni frammentarie sulla tossicità delle MP sui principali processi fisiologici di piante e animali. Oltre ad un loro effetto diretto, è stato inoltre ipotizzato che le MP fungano da vettori per altri contaminanti, in particolare i metalli pesanti, permettendo loro di entrare negli organismi attraverso un processo chiamato "Trojan horse effect" [2]. Un'altra crescente preoccupazione riguarda il possibile trasferimento delle MP lungo la catena alimentare che porta all'uomo. In questo contesto, le conoscenze sui meccanismi coinvolti nel trasferimento delle MP alla base della rete trofica d'acqua dolce, che coinvolge organismi produttori e consumatori primari, sono ancora frammentarie [3]. Per aumentare il livello di conoscenza su entrambi gli aspetti, ovvero la tossicità delle MP per il biota e il trasferimento trofico delle MP nella catena alimentare d'acqua dolce, è stato condotto uno studio su due organismi modello per gli studi di ecotossicologia in ambiente acquatico, ovvero la pianta *Spirodela polyrhiza* (L) Schleid. e l'anfipode gammaride *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865). Attraverso test di laboratorio, sono stati valutati gli effetti delle microparticelle di polietilene sia sulla pianta acquatica (test di 7 giorni) sia sul gammaride (test di 24 ore). Inoltre, le piante di *Spirodela* contaminate con MP sono state offerte come cibo ai gammaridi. Dopo 24 ore dall'esposizione, nei tratti digerenti dei gammaridi, è stata rilevata la presenza di particelle di MP. Sono state osservate in media 7,6 particelle di MP per individuo, evidenziando l'avvenuto trasferimento trofico delle MP tra i due organismi. Per quanto riguarda i saggi di tossicità, le analisi morfo-fisiologiche (parametri di crescita, contenuto di pigmenti e prestazioni fotosintetiche) hanno evidenziato l'assenza di effetti tossici delle MP sulla *Spirodela*. Al contrario, è stato osservato un notevole effetto genotossico (valutato con il Comet assay) negli emociti degli individui di gammaridi esposti alle MP in acqua, con un danno al DNA 3 volte superiore rispetto al controllo.

Nell'insieme, i risultati ottenuti dimostrano che la presenza di MP nell'ecosistema acquatico rappresenta una potenziale minaccia per il biota e una seria preoccupazione per la salute umana, dato il coinvolgimento degli organismi studiati nella catena trofica che coinvolge la dieta umana, direttamente o attraverso passaggi intermedi.

Riferimenti bibliografici:

1. Iannilli, V., Pasquali, V., Setini, A., & Corami, F. (2019). First evidence of microplastics ingestion in benthic amphipods from Svalbard. *Environmental research*, 179, 108811.
2. Hildebrandt, L., Nack, F. L., Zimmermann, T., & Pröfrock, D. (2021). Microplastics as a Trojan horse for trace metals. *Journal of Hazardous Materials Letters*, 2, 100035.
3. Mateos-Cárdenas, A., Scott, D. T., Seitmaganbetova, G., van Pelt Frank, N. A. M., & AK, J. M. (2019). Polyethylene microplastics adhere to *Lemna minor* (L.) yet have no effects on plant growth or feeding by *Gammarus duebeni* (Lillj.). *Science of the Total Environment*, 689, 413-421.

Individuazione di sostanze microinquinanti provenienti da acque fluviali e di scarico urbane.

Clara Duca*, Sergio Zappoli, Ivano Vassura, Horacio Bogo, Agnese Bellei, Ana L. Silva Furtado.

Dipartimento di Chimica Industriale Toso Montanari, Universita' di Bologna.

*** clara.duca@unibo.it**

La Direttiva 2000/60/CE definisce le strategie contro l'inquinamento idrico e stabilisce un elenco di sostanze o gruppi di sostanze che destano maggiori preoccupazioni per le acque europee (in particolare i cosiddetti microcontaminanti emergenti). Per i gestori del Servizio Idrico Integrato (SII) è importante conoscere il dato relativo ai quantitativi di tali sostanze scaricate in pubblica fognatura da scarichi civili e industriali in quanto,
L'assenza di stime dettagliate dei quantitativi di sostanze emergenti convogliate nei sistemi di depurazione attuali, rende difficoltosa la previsione di nuovi sistemi di abbattimento efficaci per tali sostanze e, in ultima analisi, incerto il raggiungimento degli obiettivi dettati dalla Direttiva Quadro.
Lo scopo del lavoro è stato quello di analizzare quali e quantitativamente la presenza di ftalati in acque fluviali e in acque di scarico urbane.
A tal scopo è stato messo a punto un metodo analitico per la determinazione di queste sostanze e di alcuni tipi di farmaci. In particolare, il campione è stato concentrato mediante estrazione in fase solida e purificato mediante cromatografia di permeazione su gel. Le analisi dei campioni ottenuti sono state condotte in GC-MS.
Sono stati riscontrati alcuni componenti della classe degli ftalati a concentrazioni dell'ordine dei ppb, comunque importanti in relazione ai limiti normativi assai stringenti. Inoltre sono stati riscontrati idrocarburi, composti ossigenati, farmaci e un particolare psicofarmaco, il sertindole.
Alla luce dei risultati ottenuti emerge l'importanza del monitoraggio costante di questi tipi di microcontaminanti emergenti anche per potere studiare strategie di contenimento degli stessi.

Approccio innovativo alla produzione di Poliidrossialcanoati (PHA): alimentazione disaccoppiata di Carbonio e Azoto e prelievo anticipato della biomassa

Vittoria Stefanelli[1], Mariana Matos[2], Joana Fradinho[2], Maria A. M. Reis[2], Chiara Samorì[1]

[1]Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", University Bologna, via Selmi 2, Bologna, Italy;
[2] UCIBIO—Applied Molecular Biosciences Unit, Department of Chemistry, NOVA School of Science and Technology, NOVA University Lisbon, 2829-516 Caparica, Portugal;

Keyword: polyhydroxyalkanoates (PHAs), volatile fatty acids, mixed microbial cultures (MMCs)

Tipo di submission: Poster

Abstract:

La produzione sostenibile di poliidrossialcanoati (PHA) attraverso l'impiego di culture microbiche miste (MMC) costituisce un ambito di crescente interesse nel campo della biotecnologia ambientale[1]. Le MMC offrono notevoli vantaggi, come la capacità di utilizzare substrati a basso costo e la flessibilità nei sistemi di produzione[2,3], consentendo una riduzione dei costi complessivi. Tuttavia, per garantire la competitività economica di questo processo, è fondamentale ottimizzare le condizioni operative per massimizzare la resa di PHA.
Questo studio si propone di valutare l'impatto della strategia di prelievo della biomassa, eseguito alla fine della fase di abbondanza anziché alla fine della fase di carestia come prassi comune, con l'obiettivo di eliminare l'impiego di un tradizionale reattore di accumulo. A tale scopo, è stato impiegato un reattore di selezione SBR con un carico organico di 4 gCOD/L^{-1}d^{-1} e un tempo di ritenzione dei solidi di 4 giorni. La fonte di carbonio utilizzata è stata una miscela di VFA di sintesi con composizione C4:C5:C6=60:20:20, mentre l'alimentazione di ammonio è stata somministrata alla fine della fase di abbondanza, immediatamente dopo il prelievo della biomassa. Successivamente, la biomassa estratta è stata sottoposta a test di accumulo per determinare la sua capacità massima di accumulo di PHA (Figura 1).

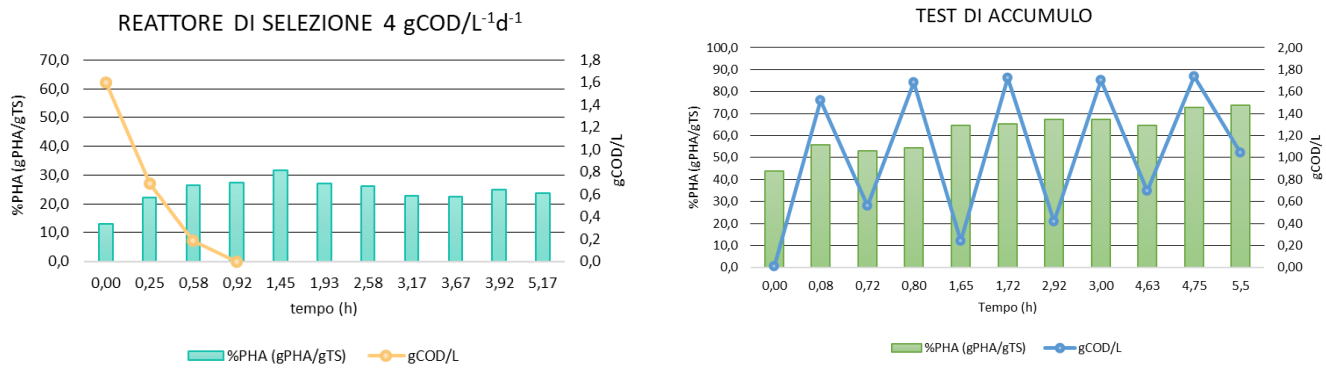


Figura 1. %PHA (gPHA/gTS) nel reattore di selezione con un ORL di 4 gCOD/L^{-1}d^{-1} e nel test di accumulo

Al fine di massimizzare la capacità di accumulo durante la fase di abbondanza, il carico organico è stato raddoppiato, fornendo un secondo impulso di carbonio alla fine del primo, portando l'ORL a 8 gCOD/L^{-1}d^{-1}.

Questa modifica ha comportato un aumento significativo del PHA all'interno delle cellule alla fine della fase di abbondanza nel reattore di selezione (Figura 2), aprendo la possibilità di eliminare la necessità di un secondo reattore di accumulo.

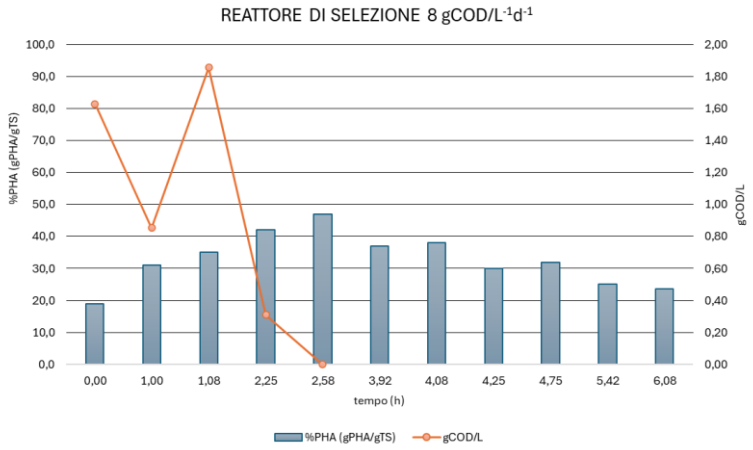


Figura 2. %PHA (gPHA/gTS) nel reattore di selezione con un ORL di 8 gCOD/L^{-1}d^{-1}

Sarà condotta un'analisi economica per valutare il potenziale risparmio nell'implementazione su scala industriale di questo processo innovativo.

Riferimenti bibliografici:

1. Chen, G.Q. (2009). A microbial polyhydroxyalkanoates (PHA) based bio- and materials industry. Chemical Society Reviews, 38(8), 2434-2446
2. Lee, W. S.; Chua, A. S. M.; Yeoh, H. K.; Ngoh, C. A review of the production and applications of waste-derived volatile fatty acids. Chem. Eng. J. 2014, 235, 83−99
3. Koller M, Maršálek L, de Sousa Dias MM, Braunegg G. Producing microbial polyhydroxyalkanoate (PHA) biopolyesters in a sustainable manner. N Biotechnol. 2017 Jul 25;37(Pt A):24-3

Valutazione ecotossicologica di nuovi materiali derivati da plastiche miste non riciclabili

Parolini, M. [1*], De Felice, B.[1], Gazzotti, S.[2], Gianotti, V.[3], Conterosito, E.[3], Ortenzi, M.A.[2]

[1]Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Università degli Studi di Milano, via Celoria 26, I-20133, Milano, Italia; [2] Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano, via Golgi 19, I-20133, Milano, Italia; [3] Dipartimento di Sviluppo Sostenibile e La Transizione Ecologica, Università del Piemonte Orientale, Piazza S. Eusebio 5, 13100, Vercelli, Italia

* e-mail: marco.parolini@unimi.it

Keywords: biomarker, plastiche non riciclabili, saggi ecotossicologici, eco-safety

Tipo di submission: **Comunicazione orale**

Lo sviluppo di strategie volte a prevenire l'accumulo di plastica nell'ambiente causato da un loro smaltimento improprio o inefficiente a fine vita rappresenta una priorità nella gestione dei rifiuti. Numerosi sforzi sono stati profusi per sviluppare e ottimizzare il riciclo della plastica. Nonostante la riciclabilità della maggior parte dei polimeri plastici, solo il 15% dei rifiuti plastici è attualmente riciclato a livello mondiale. In Europa, l'Italia è il secondo maggior consumatore di plastica e genera oltre 1 milione di tonnellate di rifiuti plastici ogni anno. Tuttavia, solo la metà di tali rifiuti, in particolare gli imballaggi in polietilene tereftalato (PET), polietilene (PE) e polipropilene (PP), sono differenziati in modo efficiente e riciclati proficuamente [1]. Al contrario, il resto dei rifiuti plastici è costituito da materiali non riciclabili a causa della loro eccessiva eterogeneità [2]. Nel sistema di raccolta italiano dei rifiuti plastici, questa frazione residua e non omogenea è denominata "Plasmix" [1] ed è costituita da plastica (57%), carta e cartone (10%), legno (3%), tessili (3%), inerte e altri materiali (27%) [3]. Concentrandosi sulla frazione plastica, il principale costituente del Plasmix è rappresentato da una miscela di poliolefine (ovvero PE e PP; 60–70%), seguita dal PET (4–5%) e da piccole quantità di altri polimeri [11]. A causa della sua composizione non omogenea e variabile, la separazione delle diverse frazioni polimeriche risulta estremamente complessa ed economicamente svantaggiosa. Pertanto, attualmente il Plasmix è principalmente incenerito, smaltito in discarica o utilizzato come sostituto della del carbone nei cementifici. Considerando l'aumento dell'utilizzo e della complessità degli imballaggi in plastica, la quantità di Plasmix è in costante aumento, ragion per cui risulta prioritario lo sviluppo di nuove strategie per gestirlo e valorizzarlo. Recentemente abbiamo sviluppato un approccio innovativo basato sul riciclo meccanico volto a modificare il Plasmix per generare nuovi materiali. Prima di essere utilizzati, questi materiali devono essere testati per valutarne la sicurezza ambientale. Una volta in ambiente, infatti, i materiali a base Plasmix potrebbero interagire con organismi acquatici e terrestri, principalmente dopo la loro frammentazione in microplastiche. Pertanto, il presente studio ambisce a valutare l'ingestione e la potenziale tossicità acuta e cronica indotta dall'esposizione a diverse concentrazioni di microplastiche derivanti dalla frammentazione di due materiali a base di Plasmix nei confronti del crostaceo d'acqua dolce *Daphnia magna* e del lombrico Eisenia foetida. I nostri risultati hanno evidenziato che, indipendentemente dalle loro dimensioni corporee, entrambi gli organismi modello hanno ingerito in modo efficiente le microplastiche, le quali non hanno inficiato la loro sopravvivenza. Tuttavia, sono state osservate alterazioni dello stato ossidativo e del successo riproduttivo di D. magna. Questi risultati suggeriscono il ruolo cruciale delle analisi ecotossicologiche nella caratterizzazione dei nuovi materiali plastici prima del loro utilizzo nelle applicazioni della vita quotidiana.

Riferimenti bibliografici:

[1] COREPLA, 2015. Consorzio Nazionale per la Raccolta, il Riciclaggio e il Recupero degli Imballaggi in Plastica. Available online: https://www.corepla.it/sites/default/files/documenti/corepla_rapporto_di_sostenibilita_2015.pdf

[2] COREPLA, 2023 Consorzio Nazionale per la Raccolta, il Riciclaggio e il Recupero degli Imballaggi in Plastica. Avaiable online: https://www.corepla.it/sites/default/files/documenti/rapporto_di_sostenibilita_corepla_2022.pdf

[3] Rossi, G.; Spreafico, C.; Bonvino, S.; Casula, A.; Cossu, R.; Simion, F.; Vivona, A. Residues from the mechanical sorting of source segregated plastics: Management and LCA of different utilisation scenarios. In Proceedings of the Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste, 2010, Venice.

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

Parolini M.[1], Mondellini S.[1], De Felice B.[1], Palazzi A.[1], Aldeghi F.[2]; Conterosito E.[3], Gianotti V.[3], Boccia P.[4]

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

Keyword: microplastiche, atmosfera, ambiente indoor

Tipo di submission: Poster

Abstract:
A seguito della loro identificazione in ecosistemi acquatici e terrestri, negli ultimi anni le microplastiche (MP) sono state individuate anche in atmosfera [1]. La presenza di MP aerodisperse è stata confermata non solo nelle nell'aria Outdoor, ma anche all'interno di spazi chiusi, contribuendo alla contaminazione indoor. Considerando quanto tempo trascorriamo all'interno di spazi chiusi, sia per le nostre attività quotidiane sia per lavoro, è importante monitorare quella che sia la contaminazione da MP in tali ambienti, per stimare l'eventuale rischio a carico della salute pubblica.
Lo scopo del presente lavoro è quello di ottimizzare e standardizzare un protocollo di campionamento e di analisi delle MP che consenta alle aziende di valutare rapidamente quella che possa essere l'esposizione in ambiente lavorativo. Mediante l'utilizzo di campionatori dell'aria attivi e passivi sono state raccolte e isolate le particelle o fibre aerodisperse, presenti in tre ambienti lavorativi di un'azienda impiegata nella produzione di macchinari per la lavorazione di filati. I campionamenti sono stati ripetuti entro la singola giornata e stagionalmente, per valutare sia l'esposizione durante un turno lavorativo sia eventuali differenze di esposizione nel corso dell'anno. Al termine delle operazioni di campionamento le particelle aerodisperse sono state analizzate mediante due diversi approcci: il primo consiste nell'utilizzo di un fluoroforo per identificare velocemente le MP, il secondo mediante la caratterizzazione della composizione polimerica utilizzando la spettrometria accoppiata a trasformata di Fourier (µFT-IR). I risultati preliminari di questo studio hanno dimostrato la presenza di particelle aerodisperse, prevalentemente sotto forma di fibre, in tutti i campioni analizzati. Le analisi di caratterizzazione polimerica hanno confermato la presenza di MP nei campioni di aria acquisiti. I risultati del presente lavoro consentiranno quindi di verificare quale sia la strategia di campionamento migliore e la metodologia di caratterizzazione più rapida ed efficiente per valutare la contaminazione MP in ambiente indoor e stimare i livelli di esposizione a cui sono soggetti lavoratori.

Riferimenti bibliografici:

[1] Gasperi *et al.*, "Microplastics in air: Are we breathing it in?," *Current Opinion in Environmental Science and Health* 2018, 1, pp. 1–5

Characterisation of the algal-bacterial consortium in polyhydroxybutyrate (PHB)-producing mixotrophic cultures of *Desmodesmus communis*

Martina Franchini[1], Mara Simonazzi[1], Chiara Samorì [2,3], Federica Costantini[1, 2], Rossella Pistocchi [1, 2] 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] Department of Chemistry "Giacomo Ciamician", University of Bologna, via S. Alberto 163, Ravenna, Italy

Keyword: *Desmodesmus communis*; polyhydroxyalkanoates; algal biomass; microalgal cultivation; bacterial community.

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract:
Polyhydroxyalkanoates (PHAs) are a family of bio-based polymers that act as energy and carbon storage in various microorganisms, including bacteria and microalgae. Thanks to their biodegradability as well as their thermoplastic and elastomeric properties, PHAs represent a promising alternative to conventional fossil-based polymers. Among these compounds, the short-chain biopolymer polyhydroxybutyrate (PHB) is the most studied. Currently, most of the studies investigating the production of PHB are focused on heterotrophic bacteria, whereas little is known about its biosynthesis in microalgae.
In this study, PHB production (Fig. 1a) was obtained in cultures of the Chlorophyta *Desmodesmus communis*, under mixotrophic conditions (i.e., low light, phosphorus-free medium, 1 g/L sodium acetate, NaOAc). PHB yields were evaluated in a semi-continuous cultivation of *D. communis*: algal growth was monitored for 25 days, and one third of the culture was harvested every 3-4 days and replaced with phosphate-free fresh medium with NaOAc addition. A previous work [Pezzolesi et al., 2023] has characterised the composition of the algal biomass using the same cultivation method and obtaining about 30% w/w proteins, followed by 11 % w/w lipids, and 6% w/w polysaccharides, thus proving to be biomass valuable from a biorefinery perspective.

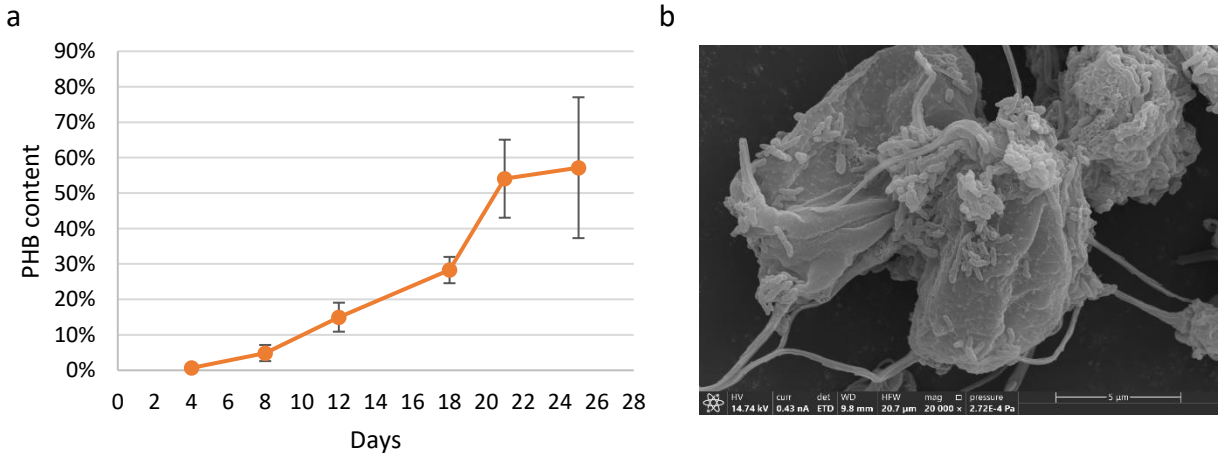


Fig. 1 (a) PHB concentration (% w/w) of *D. communis* in PHB inducing semicontinuous cultivation. b) eSEM micrography of *D. communis* and bacteria present in the cultures tested for PHB accumulation.

Since *D. communis* mixotrophic cultures were not axenic (Fig. 1b), a question on the role and contribution of the bacterial community in PHB accumulation was raised. To investigate the composition and dynamics of the bacterial community associated with *D. communis* in these growth conditions, a metabarcoding analysis at different time points (day 0, day 12, day 21 and day 25) (Fig. 2) was performed using the 16S rRNA marker.

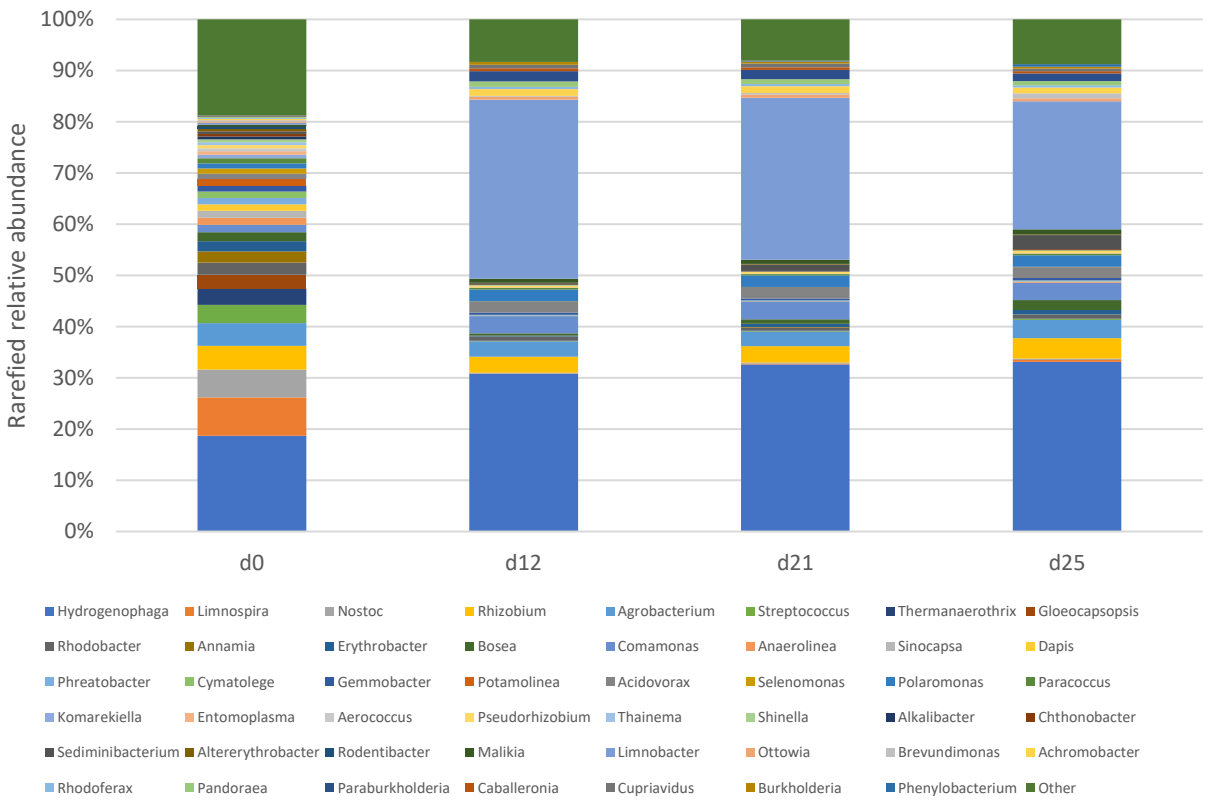


Fig. 2. Most abundant genera (rarefied relative abundance, 0.5% cut off) present in *D. communis* semicontinuous cultivation under PHB-inducing conditions at day 0 (d0), day 12 (d12), day 21 (d21) and day 25 (d25) obtained through metabarcoding Nanopore MinION sequencing.

The bacterial community appeared to have a more diversified composition at the beginning of the experiment (d0) while selection occurred at later phases (d12, d21, d25). The relative abundance of species belonging to the genus *Hydrogenophaga* increased from 18% up to around 30% and remained one of the most abundant taxa. A consistent increase in the genus *Limnobacter* spp. was observed (from 0.36% at d0 to around 30% from d12 onwards). Interestingly, specific strains belonging to *Hydrogenophaga* (*H. palleronii*) and *Limnobacter (L. humi*) have been reported in literature for their capability to accumulate PHB [Reddy et al., 2016; Nguyen & Tim, 2017]. Other bacterial genera relative abundances underwent an increase (e.g. *Sediminibacterium* spp.) or a decrease (e.g. *Limnospira* spp.), even if to a lower extent, suggesting a contribution in the structuring of a bacterial population adapted to this mixotrophic growth regime.
In addition to this molecular approach, bacteria have also been isolated on a solidified medium with the same nutrients composition employed for the semicontinuous cultivation. A preliminary 16s sequencing and qualitative identification was carried out on culturable bacteria. The majority of the re-isolated bacteria belonged to the *Hydrogenophaga* genus along with *Brevundimonas,* and *Agrobacterium* or *Rhizobium* (as 16S rRNA proved not to be an adequate marker to clearly distinguish the two genera).
Overall, results of the present study attest a possible implication of bacteria in PHB production and the importance of the algal-bacterial consortium in the biosynthesis of this biopolymer in *D. communis* cultivation.

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 Samorì, 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.

Small MICROplastics (<100 µm) bioindicaToRs in the changing Arctic EnviRonment. Il progetto MICROTRACER

Valentina Iannilli[1], Fabiana Corami[2,3], Giulia Vitale[2,3], Beatrice Rosso[2,3], Massimiliano Vardè[2,3], Marco Oliverio[4], Andrea Setini[4], Sara Bogialli[5], Lucio Litti[5], Francesca Lecce[1], Claudia Trotta[1], Gabriella Caruso[6]

[1]ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Lab. Biodiversità e servizi ecosistemici, Via Anguillarese 301, 00123 Roma;
[2]Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica Università Ca' Foscari Venezia, via Torino 155, 30172 Venezia;
[3]Istituto di Scienze Polari, sez. Venezia, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISP), Via Torino 155,30172 Venezia
[4]Dipartimento di Biologia e Biotecnologie "Charles Darwin", Università Sapienza, Viale dell'Università 32,00185 Roma;
[5]Dipartimento di Scienze Chimiche, Università degli studi di Padova, Via Marzolo 1, 35131 Padova
[6]Istituto di Scienze Polari, sez. Messina Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISP), Spianata S. Raineri 86,98122 Messina;

Keyword: microplastiche; biomarker; bioindicatori; Svalbard

Tipo di submission: Poster

Abstract:

L'Artico sta affrontando un rapido cambiamento climatico, lo scioglimento del ghiaccio marino e del permafrost libera contaminanti precedentemente intrappolati, aumentandone la mobilità nell'ambiente. I cambiamenti nei modelli atmosferici e oceanici causano il trasporto di inquinanti da distanze remote verso l'Artico. Inoltre, lo scioglimento del ghiaccio marino induce un aumento dell'attività umana, aumentando il rischio di contaminazione [1]. Questi fenomeni influenzano anche il trasporto e la distribuzione delle microplastiche (MPs).
L'inquinamento da plastica nelle Isole Svalbard è un argomento di ricerca molto attuale e, sebbene diversi studi si siano concentrati sulla presenza e sulla distribuzione delle MPs nelle matrici ambientali, le microplastiche di dimensioni ridotte (SMP, particelle inferiori a 100 µm) sono ancora scarsamente conosciute e analizzate.
Le attività di ricerca condotte nel progetto MICROTRACER, finanziato nell'ambito del Programma di Ricerche in Artico (PRA, Call 2021), mirano a valutare l'accumulo e gli effetti delle SMP, additivi plastici e altri componenti del microlitter, in alcune specie di anfipodi marini delle Isole Svalbard, selezionate come bioindicatori. In particolare, la specie *Gammarus setosus* (Dementieva, 1931), in individui della quale -raccolti a Ny Ålesund - il nostro gruppo di ricerca aveva già dimostrato l'ingestione di SMP, riferibili a poliammide e additivi plastici come la polimetilacrilammide mediante colorazione Nile Red e spettroscopia ad infrarossi a trasformata di Fourier (micro-FTIR).[2]. Poiché le MPs fungono da superfici idonee per lo sviluppo delle comunità microbiche (plastisfera), le analisi si concentrano anche sulle interazioni microorganismo-plastica e sul microbioma delle specie bioindicatrici. Per investigare gli effetti delle SMP ingerite, sono stati analizzati diversi biomarcatori, come l'allocazione delle riserve energetiche (glucosio, glicogeno e lipidi) e gli enzimi antiossidanti e detossificanti (catalasi, SOD, glutatione S-transferasi). E' attualmente in corso anche l'analisi della risposta trascrittomica in *G. setosus*, in funzione dello stress ambientale indotto dalla presenza e dall'ingestione di MPs.
I dati ottenuti contribuiranno ad ampliare le attuali conoscenze sulle SMP nelle Svalbard, fornendo nuove informazioni sulla loro presenza, distribuzione e trasferimento attraverso la rete trofica marina. Inoltre, i risultati della ricerca costituiranno una base conoscitiva iniziale per implementare un monitoraggio multidisciplinare e integrato; ciò consentirà di progettare azioni di mitigazione per ridurre l'inquinamento da SMP negli ambienti polari e di pianificare misure di sorveglianza e regolamentazione efficienti.

Riferimenti bibliografici:

1. Iannilli, V.; Pasquali, V.; Setini, A.; Corami, F. First evidence of microplastics ingestion in benthic amphipods from Svalbard. Environ. Res. 2019, 179, 108811.
2. Caruso, G.; Iannilli, V.; Vitale, G.; Vardè, M.; Oliverio, M.; Bogialli, S.; Litti, L.; Setini, A.; Rosso, B.; Corami, F. Small Microplastics: A yet Unknown Threat in the Svalbard (Norway) Region. J. Mar. Sci. Eng. 2023, 11, 2330. https://doi.org/10.3390/jmse11122330

Sviluppo di nuovi sensori luminescenti a base di acido ialuronico per il rilevamento di micro- e nanoplastiche

Capolungo C.[1], Genovese D.[1] Rampazzo E.[1], Zaccheroni N.[1], Prodi L.[1]
[1]Dipart. di Chimica Giacomo Ciamician, Università di Bologna, via Selmi 2, Bologna, 40126, Italia

Keyword: Sensori luminescenti, micro e nanoplastiche, biopolimeri

Tipo di submission: Poster

Abstract: Negli ultimi anni l'inquinamento da plastiche sta drammaticamente aumentando a causa delle attività umane. In particolare, i frammenti plastici al di sotto dei 5 mm, le cosiddette micro- e nanoplastiche (MNP), sono presenti ovunque: nelle acque sia marine che dolci, nel terreno e persino in aria. Le loro minuscole dimensioni le rendono più facilmente biodisponibili e ingeribili da parte degli animali, raggiungendo poi gli esseri umani attraverso la catena alimentare. Il rilevamento di queste micro- e nanoplastiche è estremamente complesso, dal momento che i protocolli attuali sono lunghi e costosi per le microplastiche e praticamente inesistenti per le nanoplastiche. In questo contesto, i metodi basati sulla luminescenza possono rappresentare una possibile soluzione per l'identificazione e la quantificazione di micro- e nanoplastiche, dal momento che permettono lo sviluppo di tecniche semplici, rapide, economiche e sensibili. In particolare, in letteratura la fluorescenza è stata applicata per il rilevamento di frammenti di plastica grazie all'utilizzo della microscopia a fluorescenza in seguito alla colorazione delle plastiche tramite appropriati luminofori, come per esempio il Nile Red (NR), il quale è stato dimostrato essere una promettente possibilità per la colorazione di diversi tipi di microplastiche in acqua[1]. Tuttavia, l'inclinazione di tale colorante ad aggregare in acqua a causa della sua insolubilità può portare alla formazione di oggetti fluorescenti che possono essere confusi per MNP, causando l'insorgenza di "falsi positivi"[2].

Per evitare tale problema, che interessa vari fluorofori lipofili impiegati nella colorazione di micro- e nanoplastiche, una possibile strategia consiste nella coniugazione del colorante a un biopolimero solubile in acqua, come ad esempio l'acido ialuronico (HA). La funzionalizzazione dell'HA con un fluoroforo, anche in piccole quantità, causa importanti variazioni nelle proprietà del polimero, come la sua solubilità e il suo comportamento colloidale e fotofisico[2]. Le proprietà risultati possono essere modulate modificando la quantità e la natura del fluoroforo coniugato all'acido ialuronico.

Con questo scopo, abbiamo sintetizzato e caratterizzato fotofisicamente acidi ialuronici funzionalizzati con vari fluorofori (derivati di rodamina, fluoresceina, tetrafenilporfirina, perilene bis-imide, cumarina e Nile Red). Questi acidi ialuronici funzionalizzati, in particolare quelli legati a rodamina[2] e Nile Red, presentano un'intensità di emissione estremamente debole in acqua, ma possono recuperare le loro proprietà luminescenti se adsorbiti sulla superficie delle MNP (Figura 1), rendendole fluorescenti e così rilevabili attraverso la microscopia a fluorescenza confocale. Inoltre, è stato anche osservato che tramite la tecnica FLIM (Fluorescence Lifetime Imaging Microcopy) è possibile ottenere una discriminazione della natura delle micro- e nanoplastiche a seconda del tempo di vita di emissione del sensore adsorbito sul frammento plastico.

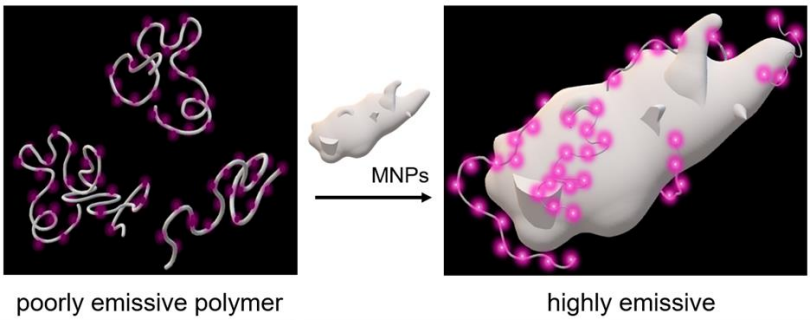


Figura 1. Schematizzazione dell'interazione tra l'acido ialuronico funzionalizzato con un fluoroforo e le micro- e nanoplastiche.

Riferimenti bibliografici:

1. Capolungo C., Genovese D., Montalti M., Rampazzo E., Zaccheroni N., Prodi L., Photoluminescence-Based Techniques for the Detection of Micro- and Nanoplastics, *Chem. Eur. J.*, 2021, 27, 17529–17541.
2. Cingolani M., Genovese D., Rampazzo E., Zaccheroni N., Prodi L., Fluorogenic hyaluronan nanogels for detection of micro- and nanoplastics in water, *Environ. Sci.: Nano*, 2022, 9, 582–588.

Analisi della contaminazione da micro- e macroplastiche nei fontanili lombardi

Palazzi A.[1], Mondellini S.[1] De Felice B.[1], Gazzotti S.[2], Gianotti V.[3], Parolini M.[1]
[1]Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Università degli Studi di Milano, via Celoria 26, 20133 Milano, Italia.
[2]Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano, via Golgi 19, I-20133, Milano, Italia
[3]Dipartimento di Sviluppo Sostenibile e La Transizione Ecologica, Università del Piemonte Orientale, Piazza S. Eusebio 5, 13100, Vercelli, Italia

Keyword: Microplastiche, Contaminazione, Fontanili, Plastica, Lombardia

Tipo di submission: Poster

Abstract: La contaminazione da plastiche rappresenta una delle più attuali 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, infatti, implicherebbe una minor influenza da parte dell'ambiente esterno. Il monitoraggio della contaminazione da microplastica in questi ecosistemi rappresenta un utile strumento per valutare il potenziale contributo delle acque di falda alla contaminazione delle acque superficiali. In questo contributo sono stati campionati alcuni fontanili e risorgive della Lombardia, una delle aree più ricche di questi ambienti in Pianura Padana, al fine di valutare la potenziale contaminazione da macroplastiche e microplastiche. Le macroplastiche sono state raccolte tramite pinza telescopica, mentre le microplastiche sono state campionate tramite apposita trappola. In seguito, sono state isolate e analizzate seguendo un protocollo standardizzato. Le informazioni sulla contaminazione da microplastiche 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 una lacuna conoscitiva riguardante la contaminazione da microplastiche nelle acque interne italiane e testimoniano come le acque sotterranee potrebbero rappresentare una sorgente di contaminazione da microplastiche per gli ecosistemi acquatici superficiali.

Modello cinetico della degradazione della plastica in mare da Macro a Micro e Nanoplastica

Villani Vincenzo
Dipartimento di Scienza, Università della Basilicata, Potenza, Italia

Keyword: Microplastica; nanoplastica; fotodegradazione; frammentazione; cinetica di frammentazione

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Recentemente l'analisi statistica dei detriti di plastica fluttuanti negli oceani e nel Mediterraneo, sulla scorta di ampi dati di campionamento delle acque superficiali, ha evidenziato uno scostamento nella distribuzione della dimensione delle particelle da quella attesa da un semplice processo di frammentazione. Analizzando i dati collezionati è risultato un accordo tra le distribuzioni teorica e sperimentale delle macroplastiche fino alla dimensione di 5 mm; uno scostamento nelle microplastiche tra 5 e 1 mm e infine il disaccordo per dimensioni <1 mm: frammenti di questa taglia risultano praticamente assenti, mentre sarebbero dovuti essere largamente prevalenti [1, 2]. Quattro possibili spiegazioni sono state proposte per interpretare la perdita delle particelle fini: deposizione sulle spiagge, nanoframmentazione, biofouling e ingestione. Sebbene un insieme di concause è alla base del fenomeno, la veloce nanoframmentazione delle particelle più piccole sembra essere la causa prevalente.
La frammentazione della plastica alla deriva è un fenomeno complesso prodotto da molteplici fattori, quali la foto-ossidegradazione, l'adsorbimento dell'acqua e di inquinanti idrofobici, la formazione di biofilm e biofouling, l'azione fluidodinamica delle onde [3]. La macroplastica richiede anni per diventare fragile (a causa della riduzione del peso molecolare delle catene e conseguente perdita di viscoelasticità) e frammentarsi in microplastica, ma la microplastica può richiedere mesi nella trasformazione a nanoplastica.
In questo studio viene proposto un modello cinetico della degradazione che tenga conto della distribuzione osservata della dimensione delle particelle fluttuanti. Il modello può essere analizzato in tre fasi. Nella fase da macro a microplastica, abbiamo una cinetica sostanzialmente di primo ordine in cui il numero di frammenti aumenta in modo esponenziale e illimitato. Successivamente, la frammentazione della microplastica procede secondo una cinetica logistica in cui la resistenza crescente dei frammenti più piccoli (a causa del fattore di scala nella omogeneità degli sforzi) rappresenta un fattore antagonista che rallenta il processo e appiattisce la curva di distribuzione. Tuttavia, quando la dimensione è sufficientemente piccola (e il rapporto superficie-volume grande), il processo diffusivo da micro a nanoplastica diventa prevalente. La trasformazione accelera via via che la dimensione decresce provocando una veloce diminuzione esponenziale della concentrazione dei frammenti minori della dimensione critica. L'insieme dei processi di frammentazione meccanica e diffusiva rappresentano una cinetica di reazione-diffusione guidata da due sole costanti cinetiche, controllate rispettivamente dalla resistenza alla frattura o dalla velocità di diffusione delle particelle. Esperimenti di reologia di dispersioni di microplastiche sono stati condotti.

Figura 1. Una dispersione di microparticelle di Policaprolattone (PCL).

Riferimenti bibliografici:

1 Cózar A, Echevarría F, González-Gordillo JI, Irigoien X, Ubeda B, Hernández-León S, et al. Plastic debris in the open ocean. *Proc Nat Acad Sci.* 2014; 111(28): 10239–10244.

2 Cózar A, Sanz-Martín M, Martí E, González-Gordillo JI, Ubeda B, Gálvez JÁ et al. Plastic Accumulation in the MediterraneanSea. PLoS ONE. 2015; 10(4): e0121762.

3 Andrady AL (2011) Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull* 2011; 62(8):1596–1605.

SYNTHESIS AND IMMOBILIZATION OF IRON-BASED N-HETEROCYCLIC CARBENE COMPLEXES FOR WATER OXIDATION

Chiara Lenzi,[1] Alessandro Messori,[1] Giada D'Altri,[1] Isacco Gualandi,[1,2] Erika Scavetta,[1,2] Rita Mazzoni[1,2]
[1] Dep. of Industrial Chemistry "Toso Montanari", viale Risorgimento 4, 40136 Bologna, Italy
[2] Center for Chemical Catalysis – C3, University of Bologna, viale Risorgimento 4, 40136 Bologna, Italy

Keyword: Water oxidation; Homogeneous Catalysis; Iron complexes; N-heterocyclic carbenes

Tipo di submission: Poster

Abstract:
Water splitting is a pivotal reaction in the development of innovative green energy sources which aims to produce molecular oxygen (O_2) and molecular hydrogen (H_2). This process involves two half-reactions: water oxidation to oxygen at the anode and its reduction to hydrogen at the cathode. Challenges arise due to the energetically demanding nature of water oxidation. The use of water oxidation catalysts[1] (WOCs) is necessary to overcome the high overpotential associated with this process – however, these systems are often based on rare and expensive metals. Cheaper alternatives based on more abundant and economic metals, such as iron, have been explored in the field of electrocatalysis, but multiple issues have been met such as high overpotentials and low activities.

Our research group addressed this challenge by designing and synthesizing an iron N-heterocyclic carbene (NHC) complex, which exhibits competitive activity and low overpotential under basic conditions[2]. This project is part of a broader study aimed at designing novel and effective synthetic routes for obtaining iron complexes with variously substituted cyclopentadienonic (CpO) and NHC ligands, which may be promising candidates as heterogeneous catalysts for the WOR (Figure 1). NHC ligands, which feature a pyrenic group, are purposefully designed for an easy immobilization[3] on a Glassy Carbon working electrode.

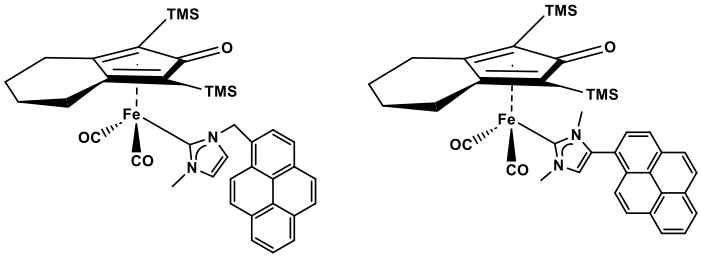


Figure 1: Synthesized Fe^0 complexes with CpO and NHC ligands

These complexes were characterized and studied by NMR and IR spectroscopy, UV-vis absorption, ESI-MS, and Cyclic Voltammetry. Moreover, the electrocatalytic behavior of these complexes is comprehensively studied in both their homogeneous and immobilized form during cyclic voltammetry analyses.

Riferimenti bibliografici:

1. Den Boer, D.; Hetterscheid, D. G. H. Design Principles for Homogeneous Water Oxidation Catalysts Based on First–Row Transition Metals. Curr. Opin. Electrochem. 2022, 35, 101064.
2. Cingolani, A.; Gualandi, I.; Scavetta, E.; Cesari, C.; Zacchini, S.; Tonelli, D.; Zanotti, V.; Franchi, P.; Lucarini, M.; Sicilia, E.; Mazzone, G.; Nanni, D.; Mazzoni, R. Cyclopentadienone–NHC Iron(0) Complexes as Low Valent Electrocatalysts for Water Oxidation. Catal. Sci. Technol. 2021, 11 (4), 1407–1418.
3. Hoque, M. A.; Gil-Sepulcre, M.; De Aguirre, A.; Elemans, J. A. A. W.; Moonshiram, D.; Matheu, R.; Shi, Y.; Benet-Buchholz, J.; Sala, X.; Malfois, M.; Solano, E.; Lim, J.; Garzón-Manjón, A.; Scheu, C.; Lanza, M.; Maseras, F.; Gimbert-Suriñach, C.; Llobet, A. Water Oxidation Electrocatalysis Using Ruthenium Coordination Oligomers Adsorbed on Multiwalled Carbon Nanotubes. Nat. Chem. 2020, 12 (11), 1060–1066.

Acknowledgments: 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.

Sinergia Microbica: Esplorazione del Biorisanamento e della Dinamica delle Microplastiche nella Resilienza Ambientale

Cabigliera S. B.[1], Gaudioso D.[4], Muzzi B.[5], Conti L.[1], Martellini T.[1], Chelazzi D.[1], Cincinelli A.[1], Cantagalli D.[2], Jenkins A. [3]

[1] Dipart., Chimica 'Ugo Schiff' Università degli studi di Firenze, Sesto Fiorentino, Italia;
[2] ÈCOSÌ, azienda, Forlì, Italia; [3] Faculty of Technology, Natural Sciences and Maritime Sciences, University of South-Eastern Norway, Bø, Norway, [4] Dip. di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli studi di Firenze, Sesto Fiorentino, Italia; [5] ICCOM-CNR, Sesto Fiorentino, Italia;

Keyword:
biodegradazione, biorisanamento, microplastiche, olio minerale, polietilene a bassa densità

Tipo di submission: Poster

Abstract:

Molti composti organici possono subire una degradazione a causa dell'azione di enzimi prodotti dai microrganismi presenti in natura [1,3]. Il biorisanamento, che sfrutta processi biologici per purificare ambienti contaminati, viene proposto come un'opzione efficace per risolvere problemi di inquinamento da plastiche e microplastiche [2]. Con un approccio multidisciplinare abbiamo studiato come specifici microrganismi siano in grado di sfruttare come sole fonti di energia le sostanze organiche come il polietilene a bassa densità (LDPE) e l'olio minerale (MO), costituiti da una struttura a catena idrocarburica lineare. Tali osservazioni sono emerse dagli studi condotti su colture batteriche cresciute su piastre Petri e periodicamente monitorate. Sono stati presi in esame 40 ceppi batterici isolati da campioni reali e successivamente identificati come capaci di degradare LDPE e MO; di questi, tramite studi preliminari, sono stati individuati i due più promettenti. Per dodici settimane abbiamo monitorato la crescita delle colture batteriche e osservato l'attività di decomposizione batterica tramite specifici test di ATP e respirometrici; questi ultimi hanno dato nella maggior parte dei casi risultati positivi, sebbene le variazioni di pressione giornaliere misurate indichino come i fattori ambientali possano essere tanto influenti quanto il metabolismo stesso.
Al fine di accertare la degradazione di MO e LDPE, abbiamo svolto analisi qualitative come Risonanza Magnetica Nucleare, FTIR, e Microscopia a Scansione Elettronica (SEM) per un approfondimento morfologico. I risultati della nostra ricerca forniscono informazioni preziose per la selezione di microrganismi con elevate capacità degradative. Inoltre, l'esperimento con MO ci ha consentito di identificare particolari ceppi batterici che hanno mostrato un'attività metabolica eccezionalmente vigorosa. Le nostre conclusioni suggeriscono che questi ceppi si affidano al MO come unica fonte di carbonio, utilizzandolo continuativamente per il proprio sostentamento. Tuttavia, ulteriori studi sono necessari per comprendere meglio i meccanismi coinvolti e le potenzialità per la rigenerazione ambientale.

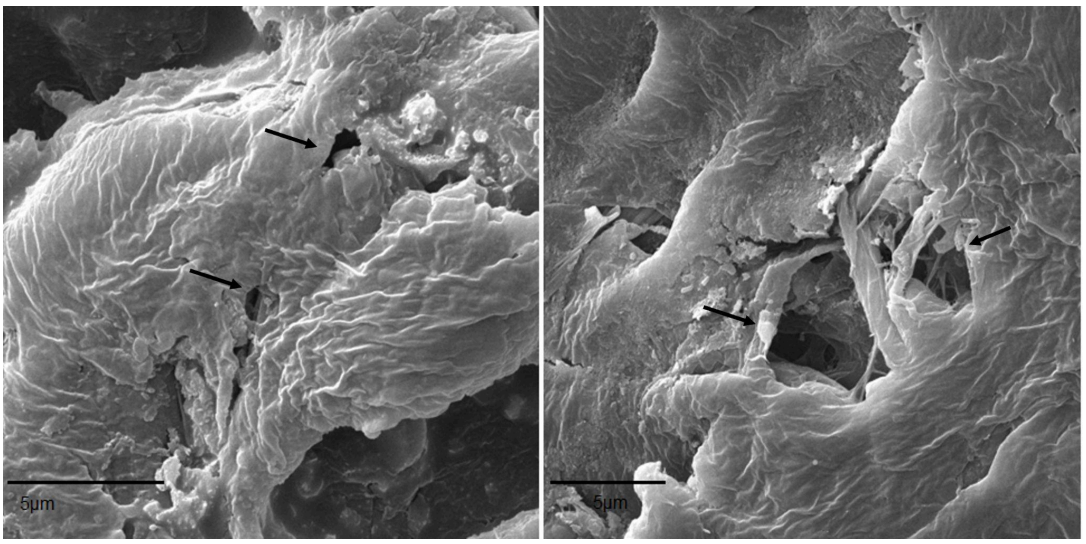


Fig.: Immagini SEM che mostrano gli effetti di degradazione del LDPE; a sx gli effetti del ceppo batterico n°1 (chiamato ZZ-7) e a dx gli effetti di degradazione del ceppo batterico n°2 (chiamato PSG-7).

Riferimenti bibliografici:

1. Estrella D., Zulema U., Lázaro M., Jesús de la T., Patricia G., and Juan L**.** Providing octane degradation capability to Pseudomonas putida KT2440 through the horizontal acquisition of oct genes located on an integrative and conjugative element. Environmental Microbiology Reports 14 (2022): 934 - 946
2. Sobika B.,Darbin K. P.I., Rishab M., Sonika D., Karan K., Sitaram P., Shreesti S., Santosh G., Kusum B., Uddhav K., and Niranjan P. Microbial Enzymes Used in Bioremediation. Journal of Chemistry 2021 (2021): 1-17
3. Shosuke Y., Kazumi H., Toshihiko T., Ikuo T., Hironao Y., Yasuhito M., Kiyotsuna T., Kenji M., Yoshiharu K., Kohei O. A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate). Science. 2016 11;351(6278)

Studio della degradazione di plastiche biodegradabili durante invecchiamento accelerato in acqua di mare

Leonardo Barlucchi[1], Greta Biale[1], Jacopo La Nasa[1, 2], Marco Mattonai[1], Stefano Pezzini[1], Valter Castelvetro[1, 2], Andrea Corti[1, 2], Francesca Modugno[1, 2]
[1]Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa, Pisa, Italia; [2]Centro per l'Integrazione della Strumentazione scientifica dell'Università di Pisa (CISUP), Università di Pisa, Pisa, Italia

Keyword: Bioplastiche, microplastiche, pirolisi analitica, spettrometria di massa, degradazione polimeri

Tipo di submission: Presentazione Orale

Abstract: Le bioplastiche sono state sviluppate come soluzione all'inquinamento da plastiche e microplastiche nell'ambiente, ma la loro interazione con esso è ancora oggetto di studio. In questo lavoro sono stati esaminati i cambiamenti morfologici e delle proprietà chimiche e termiche di microplastiche ottenute da due biopolimeri, acido polilattico (PLA) e Mater-Bi®, e da polietilene tereftalato riciclato (r-PET) dopo invecchiamento accelerato in condizioni foto-ossidative e sono state identificate le frazioni solubili rilasciate dai biopolimeri in acqua di mare sintetica. Modifiche morfologiche sono state esaminate tramite microscopio ottico. Cambiamenti delle proprietà termiche sono stati analizzati tramite analisi termogravimetrica (TGA), calorimetria a scansione differenziale (DSC) ed analisi dei gas evoluti-spettrometria di massa (EGA-MS). Modifiche alla composizione chimica sono state esaminate tramite spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier in riflettanza totale attenuata (ATR-FTIR) e pirolisi-gas cromatografia-spettrometria di massa (Py-GC-MS). La cromatografia a permeazione di gel (GPC) è stata utilizzata per esaminare cambiamenti nel peso molecolare dei campioni. La frazione organica lisciviata in acqua di mare è stata analizzata tramite gas-cromatografia-spettrometria di massa (GC-MS) dopo estrazione con solvente dalla fase acquosa e derivatizzazione. TGA, DSC ed EGA-MS hanno permesso di determinare cambiamenti nelle proprietà termiche come temperatura di transizione vetrosa, temperatura di fusione e temperatura di massima degradazione termica. In particolare, il profilo EGA-MS del Mater-Bi® ha mostrato una diminuzione di 10 °C nella temperatura di massima degradazione termica relativo al picco della frazione di PLA dopo quattro settimane di invecchiamento, rispetto al campione non invecchiato. La temperatura di massima degradazione termica del picco della frazione di polibutilen succinato (PBS) del Mater-Bi® è rimasta invariata (Figura 1).

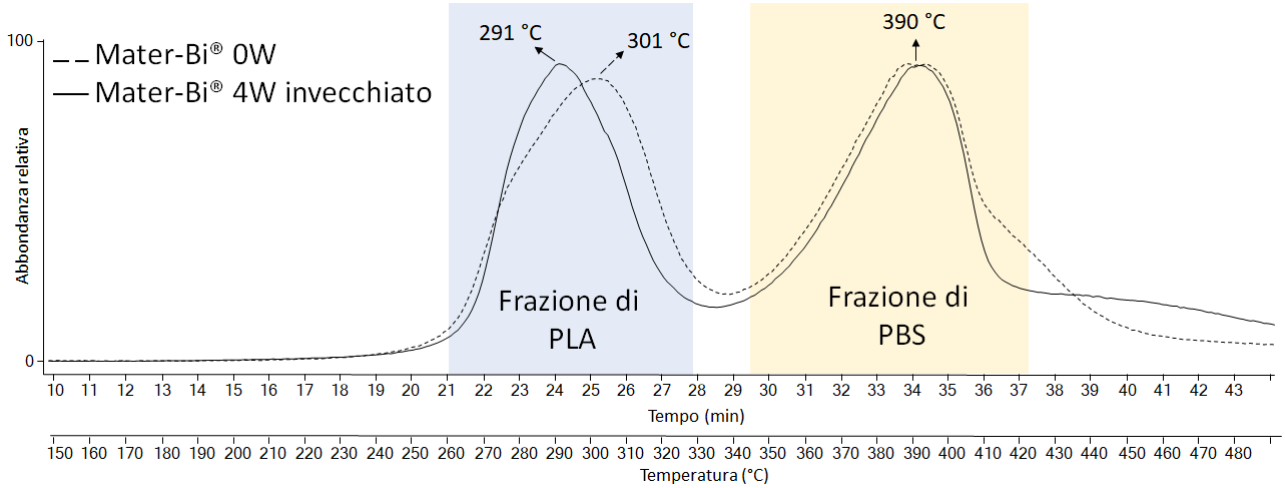


Figura 1. Profilo EGA-MS del Mater-Bi® non invecchiato (linea tratteggiata) e invecchiato per quattro settimane (linea continua).

Riferimenti bibliografici:

1. Greta B., Jacopo L.N., Marco M., Andrea C., Valter C., Francesca M. Seeping plastics: Potentially harmful molecular fragments leaching out from microplastics during accelerated ageing in seawater. *Water Research* 2022; 219; 118521.
2. Francesca D.F., Tommaso N., Lee D., Richard C.T., Ilaria D., Francesca M. A thermoanalytical insight into the composition of biodegradable polymers and commercial products by EGA-MS and Py-GC-MS. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 2023; 171; 105937.

FURTHER – FURans THechnology in Emilia Romagna

A. Piazzi[1], N. Santarelli[1], E. Rossi[1], A. Messori[1]

[1]Department of Industrial Chemistry "Toso Montanari" University of Bologna, V. Gobetti 85, 40129 Bologna

Keyword: Bio-based polymer, BHMF, epoxy resins, sustainability, green Chemistry

Tipo di submission: Poster

The "Further" project was born within the laboratories of the Department of Industrial Chemistry at the University of Bologna by four PhD students: Alessandro Messori, Andrea Piazzi, Eleonora Rossi, and Nicolò Santarelli. Our idea aims to develop a safer and more sustainable alternative to conventional epoxy resins and polycarbonates. Currently, the production of these polymers relies heavily on bisphenol A (BPA), a fossil-derived substance with serious toxicity problems.[1] BPA has been added on ECHA's candidate list, leading to large expenses for the management, use, and disposal of products that contain it. Our solution consists of replacing this product with 2,5-bishydroxymethylfuran (BHMF). Specifically, we developed a process of converting 5-hydroxymethylfurfural (HMF), into BHMF through selective catalytic hydrogenation in homognous phase, inspired by a previous work of our research group.[2] Our process adheres to the principles of green chemistry, as it yields no byproducts and generates less waste by directly incorporating hydrogen into the final product. Moreover, the transformation occurs rapidly and operates at low temperatures and pressures using a catalytic system based on iron, an abundant and cost-effective metal. So, by producing BHMF we offer a green material for bioplastic production, including epoxy resins and polycarbonates, eliminating the need for BPA. This transition from fossil to bio-based polymers not only reduces carbon footprint but also mitigates supply chain uncertainties and price fluctuations associated with fossil-based raw materials. Aligned with circular economy principles, our approach valorises cellulosic bio-waste, in line with European strategies for economic development. The "Further" technology allowed us to win the "Emilia-Romagna StartCup" competition[3] and to be ranked among the top four startups to the national finals (PNI). This was also made possible thanks to the patent filed through the University of Bologna, which covers the innovative aspects differentiating our technology from similar approaches.[4]

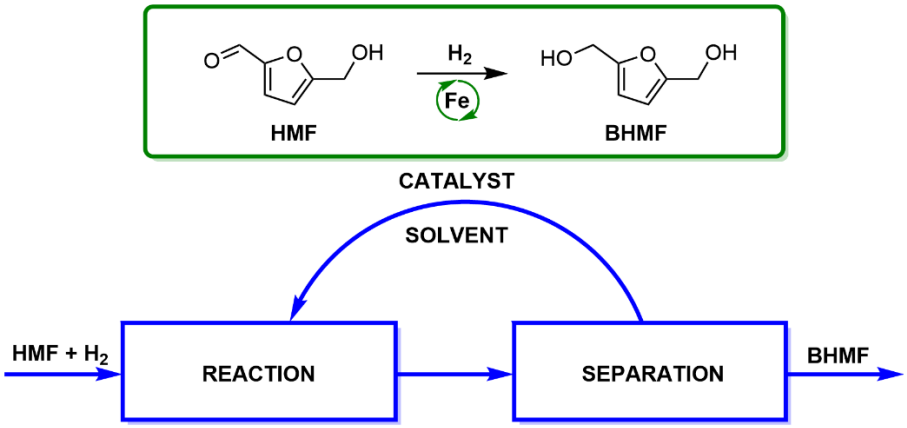


Figure 1

References

(1) *Bisphenols - ECHA*. https://echa.europa.eu/hot-topics/bisphenols.

(2) Pasini, T.; Solinas, G.; Zanotti, V.; Albonetti, S.; Cavani, F.; Vaccari, A.; Mazzanti, A.; Ranieri, S.; Mazzoni, R. Substrate and Product Role in the Shvo's Catalyzed Selective Hydrogenation of the Platform Bio-Based Chemical 5-Hydroxymethylfurfural. *Dalton Trans.* **2014**, *43* (26), 10224–10234.

(3) *Start Cup Ecosister Day: il racconto della finale – Startcup Emilia Romagna*. https://www.startcupemiliaromagna.it/2023/11/start-cup-ecosister-day-il-racconto-della-finale/.

(4) Mazzoni, R.; Messori, A.; Piazzi, A.; Santarelli, Nicolò; Martelli, G.; Curcio, Massimiliano; Albonetti, S.; Tabanelli, T. Procedimento Migliorato per La Sintesi Di 2,5-Diidrossimetilfurano (BHMF) Da 5-Idrossimetilfurfurale (HMF), N. 102023000023637, **2023**.

Valorizzazione di scarti plastici mediante funzionalizzazione con ossido di grafene e riuso per processi di adsorbimento specifico

A. Pintus[1], F. Tunioli[2], S. Khaliha[2], S. Mantovani[2], A. Trifoglio[2], A. Kovtun[2], L. Bocchi[3], M. Melucci[2]

1. Università di Modena e Reggio Emilia, Via Campi 213/A - 41125 Modena, IT.
2. Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività, Consiglio Nazionale delle Ricerche, (CNR-ISOF), via Piero Gobetti 101, 40129 Bologna (BO), IT.
3. Medica Spa, via degli Artigiani 7, 41036 Medolla (MO), IT.

Keyword: membrane polimeriche; granuli porosi; funzionalizzazione chimica; grafene ossido; trattamento acque

Tipo di submission: Poster

Abstract:
Gli scarti derivanti dalla produzione industriale di filtri biomedicali a membrana a fibra cava in polisulfone, [1] rappresentano una risorsa pulita, ad alto valore aggiunto e potenzialmente disponibili in diverse tonnellate l'anno data la dimensione del mercato dei filtri precursori, necessari per i processi salvavita quali dialisi e plasmaferesi. La conversione di tali scarti in granuli porosi si è dimostrato essere una strategia promettente per la realizzazione di cartucce adsorbenti con applicazione nei settori biomedicale e ambientale. [2]
La funzionalizzazione chimica di tali scarti consentirebbe di ampliare il range di utilizzo a settori quali l'immunoassorbimento, il campionamento passivo, la preconcentrazione e il trattamento di aria e/o acqua grazie alla modulazione delle proprietà chimico-fisiche superficiali. Tuttavia, il polisulfone, così come i polimeri generalmente costituenti le membrane suddette, è molto inerte rendendo inefficiente la funzionalizzazione covalente diretta dei granuli.
In questa comunicazione presenterò una strategia di funzionalizzazione basata sull'utilizzo di grafene ossido (GO) come piattaforma per l'ancoraggio covalente di piccole molecole d'interesse. [3] Discuterò diversi casi studio come ad esempio l'ancoraggio di aminoacidi, e l'utilizzo dei materiali ottenuti per la realizzazione di cartucce adsorbenti per la rimozione di inquinanti emergenti quali antibiotici e composti per-e polifluoroalchilici dalle acque potabili.

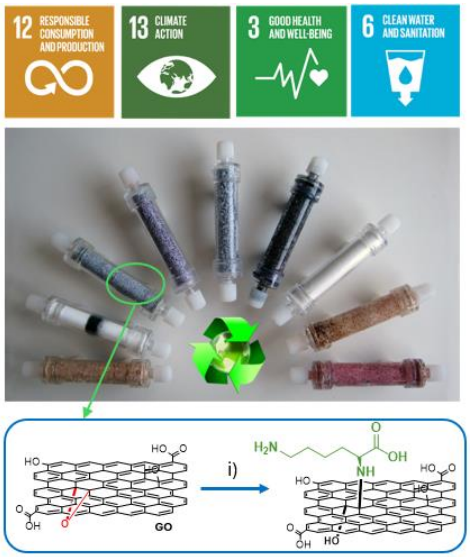


Figura 1. Funzionalizzazione dei granuli di polisulfone mediante coating e/o integrazione di GO e successivo ancoraggio covalente. Nel caso specifico si riporta l'ancoraggio della Lys sui gruppi epossido superficiali del GO (i): H_2O, 80°C, 16 h.

Riferimenti bibliografici:

1. M. Zambianchi, A. Aluigi, M. L. Capobianco, F. Corticelli, I. Elmi, S. Zampolli, F. Stante, L. Bocchi, F. Belosi, M. L. Navacchia, M. Melucci. Polysulfone Hollow Porous Granules Prepared from Wastes of Ultrafiltration Membranes as Sustainable Adsorbent for Water and Air Remediation. *Adv. Sustainable Syst.* 2017, 1, 1700019.
2. T. Posati, M. Nocchetti, A.Kovtun, A. Donnadio, M. Zambianchi, A. Aluigi, M. L. Capobianco, F. Corticelli, V. Palermo, G. Ruani, R. Zamboni, M. L. Navacchia, M. Melucci. Polydopamine Nanoparticle-Coated Polysulfone Porous Granules as Adsorbents for Water Remediation, *ACS Omega* 2019, 4, 3, 4839-4847.
3. S. Mantovani, S. Khaliha, T. D. Marforio, A. Pintus, A. Kovtun, F. Tunioli, L. Favaretto, A. Bianchi, M. L. Navacchia, V. Palermo, M. Calvaresi, M. Melucci. Amino acid-driven adsorption of emerging contaminants in water by modified graphene oxide nanosheets. *Environ. Sci.:Water Res. Technol.* 2023, 9, 1030-1040.

Recupero di rifiuti plastici dell'industria biomedicale e loro riuso come adsorbenti per la rimozione di inquinanti emergenti nelle acque

Andrea Trifoglio[1], Sara Khaliha[1], Letizia Bocchi[2], Michela Bergamini[3], Maurizia Brunetti[3], Manuela Melucci[1]

[1] Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività (ISOF), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bologna, Italia
[2] Medica Spa, via degli Artigiani 7, 41036 Medolla (MO), Italia;
[3] HERA SpA Direzione Acqua, Viale Carlo Berti Pichat 2/4, 40127 Bologna (BO), Italia;

Keyword: Trattamento acque, Riciclo, Inquinanti emergenti, Scarti industriali

Tipo di submission: Poster

Abstract:
Le membrane a fibra in polisulfone (PSU) sono componenti principali dei moduli per ultrafiltrazione nel settore biomedicale (plasmaferesi, aferesi). La produzione industriale dei filtri comporta la generazione di circa il 10% in peso di scarti (circa 2 tonnellate nel 2023 solo per l'azienda Medica SpA) che diventano rifiuti plastici da smaltire e incenerire, con un conseguente notevole impatto ambientale.
Il nostro gruppo, ha dimostrato che gli scarti derivanti dalle membrane in PSU e del suo analogo contenente ossido di grafene (PSU-GO, Graphisulfone, Medica SpA)[2] come additivo, possono essere convertiti in granuli porosi di dimensione millimetrica attraverso macinazione meccanica. I granuli ottenuti mostrano ottime proprietà adsorbenti rispetto a contaminanti sia emergenti che standard dell'acqua come farmaci, ioni di metalli pesanti e miscele di sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFASs). [1a, c] La capacità massima di adsorbimento di diclofenac (farmaco), piombo e acido perfluorottanoico (PFOA) dall'acqua di rubinetto stimato per PSU-GO è fino a dieci volte maggiore di quello del carbone attivo granulare (GAC), l'adsorbente industriale di riferimento. [1b]
In questa comunicazione, verranno presentati i suddetti materiali, il loro utilizzo e le prestazioni per il trattamento dell'acqua potabile ad uso domestico (in sistemi Point of Use) e per la potabilizzazione su scala municipale mediante un innovativo impianto pilota installato presso l'impianto Hera Pontelagoscuro (Fe, Fig.1).[3]

Figura 1. Da sinistra verso destra. Taglio a caldo delle membrane e scarti derivanti, cartucce filtranti riempite con i granuli ottenuti mediante macinazione degli scarti, immagine del pilota installato nell'impianto di potabilizzazione municipale HERA (Pontelagoscuro, Fe).

Riferimenti bibliografici:

1. a) Zambianchi M., Aluigi A., Polysulfone Hollow Porous Granules Prepared from Wastes of Ultrafiltration Membranes as Sustainable Adsorbent for Water and Air Remediation, Advanced Sustainable System, 2017, 1700019, b) Patent: Melucci M., et al. EP3208241, c) Khaliha S., Tunioli F., Upcycling of plastic membrane industrial craps and reuse as sorbent for emerging contaminants in water, Environmental Science Water Research & Technology, DOI: 10.1039/D3EW00900A
2. M. Zambianchi, S. Khaliha, A. Bianchi, F. Tunioli, A. Kovtun, M.L. Navacchia, A. Salatino, Z. Xia, E. Brinas, E. Vazquez, D. Paci, V. Palermo, L. Bocchi, B. Casentini, M. Melucci Journal of Membrane Science, 2022, 658, 120707
3.a) https://www.cnr.it/it/nota-stampa/n-12571/ferrara-al-potabilizzatore-di-pontelagoscuro-presentato-l-innovativo-water-living-lab, b) https://liferemembrance.eu

Time-gated recycling of plastic with silicon quantum dots

Angelica Germinario[1], Paola Ceroni[1] Francesco Romano[1] Marco Villa[1]

[1]Departement of Chemistry “Giacomo Ciamician”, University of Bologna, Via Selmi 2, 40126 Bologna, Italy

Keyword: Nanotechnology, Plastic Recycling

Tipo di submission: Poster

This work concerns the study of silicon nanocrystals (SiNCs): an emerging class of luminescent quantum dots having the ability to modulate their properties based on their size. The choice to work with these NCs is linked to the high natural abundance of silicon, the lack of biological toxicity and the robustness of the Si-C bond.[1] This last feature is fundamental in the functionalization process of SiNCs with suitable passivating agents. We perform the synthesis of silicon nanocrystals of 4 nm from hydrogen silsequioxane at high temperature (1100°C) and then passivation of the silicon nanocrystals with dodecane. This modification is an operation that allows to stabilize the core, improving the photophysical properties and making these nanomaterials excellent candidates for applications in fields such as marker, energy conversion and sensors.[2][3] These nanomaterials have unique properties as an emission that could be shifted from the red to the near infrared and lifetimes that could reach hundreds of microseconds. In addition, silicon nanocrystals have particularly high stability in polymer matrices and can be used as smart markers thanks to the time gated technique. Thanks to this technique is possible to easily discriminate between plastics marked with SiNCs and raw plastics, even for dark plastic or highly emissive plastic (containing optical brightners). The introduction of a color code unique for a specific type of plastic, in combination with this technique and the exceptional properties of the silicon nanocrystals makes possible to increase recycling efficiency and reducing the waste of plastic materials, a mandatory goal for the future of our society.

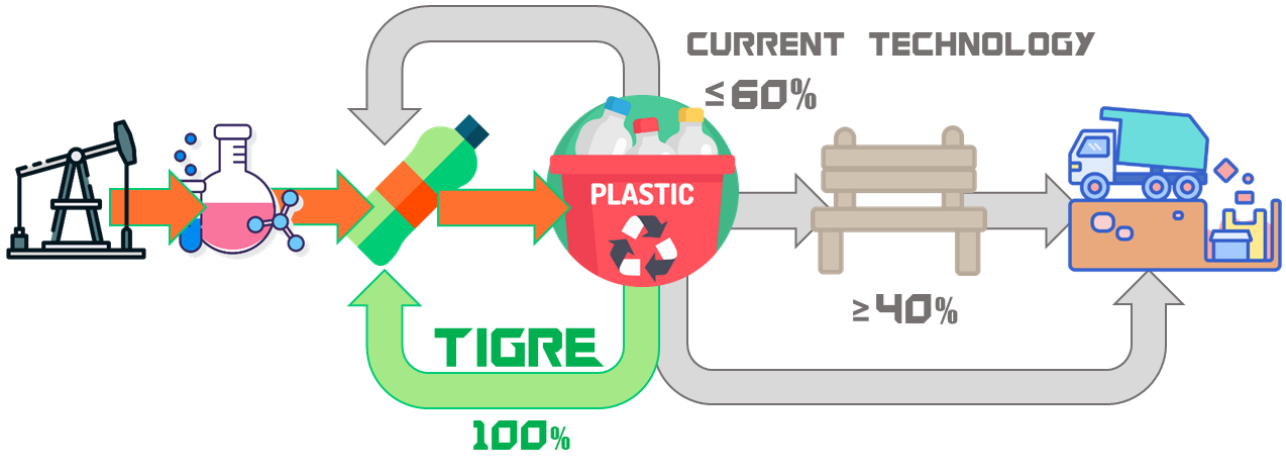


Figure: Time gated recycling of plastics marked with SiNCs

Riferimenti bibliografici:

1. Francesco Romano, Sara Angeloni, Giacomo Morselli, Raffaello Mazzaro, Vittorio Morandi, Jennifer R. Shell,c Xu Cao,c Brian W. Pogue and Paola Ceroni, Water-soluble silicon nanocrystals as NIR luminescent probes for time-gated biomedical imaging, Nanoscale, 2020, 12, 7921.
2. Raffaello Mazzaro, Francesco Romano and Paola Ceroni, Long-lived luminescence of silicon nanocrystals: from principles to applications, Phys. Chem. Chem. Phys., 2017, 19, 26507.
3. Luca Ravotto, Qi Chen, Yuguo Ma, Sergei A. Vinogradov, Mirko Locritani, Giacomo Bergamini, Fabrizia Negri, Yixuan Yu, Brian A. Korgel, and Paola Ceroni, Bright Long-Lived Luminescence of Silicon Nanocrystals Sensitized by Two-Photon Absorbing Antenna, Chem 2, 550–560, April 13, 2017.