



Società Chimica Italiana
Divisione di
Didattica Chimica

VII SCUOLA NAZIONALE DI DIDATTICA DELLA CHIMICA "GIUSEPPE DEL RE"

La Chimica per uno sviluppo sostenibile e l'educazione civica

Bertinoro (FC), 6 - 9 ottobre 2022

Riciclo & Materie Plastiche

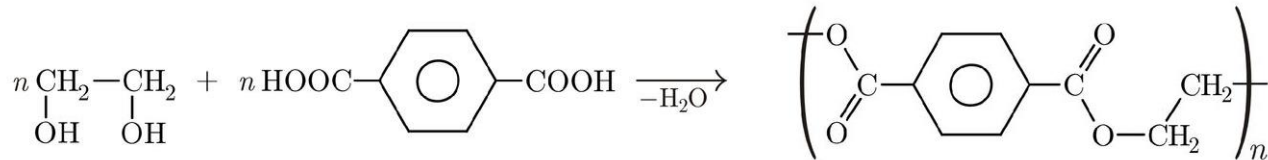
RICICLO CHIMICO DEL PET

Anna Maria Madaio

IIS «B. Focaccia» Salerno

Polietilentereftalato (PET)

- Copolimero di condensazione (poliestere)
- Esiste in forma amorfa (trasparente) o cristallina (bianco e opaco).
- Termoplastico, resistente e flessibile
- Non biodegradabile
- Si ottiene per esterificazione dell'**acido tereftalico** con **glicole etilenico** ad alte condizioni di temperatura e pressione (250 °C e 3 atm).



Usi del PET

- Produzione di *fibre, film e bottiglie per bevande, contenitori per cibi*



Riciclo delle materie plastiche

Riutilizzo, riciclo meccanico, recupero energetico, riciclo chimico

- Il **riciclo meccanico** prevede la **rilavorazione termica o meccanica dei rifiuti plastici** per ottenere una materia prima-seconda che diventa il punto di partenza per la produzione di nuovi oggetti.
- Il **riciclo chimico** prevede il **ritorno alla materia prima di base** attraverso la trasformazione dei rifiuti plastici in monomeri di pari qualità di quelli vergini, da utilizzare nuovamente nella sintesi del polimero di partenza.

Riciclo materie plastiche

Svantaggi riciclo meccanico

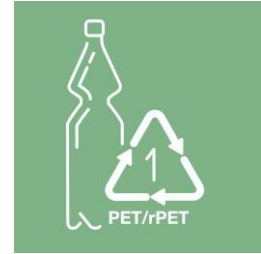
- Significativa perdita di proprietà meccaniche del polimero
- Complessa o non conveniente rimozione degli additivi.
- Incorporazione di nuova materia prima per ottenere le proprietà desiderate del polimero riciclato.

Vantaggi riciclo chimico

- Facile recupero dei monomeri e rimozione degli additivi con le tradizionali tecniche di separazione
- Produzione di un nuovo polimero, con le stesse proprietà del polimero non riciclato
- Maggiore riduzione di emissione di CO₂

Svantaggi riciclo chimico

- Poco evoluto, costi poco sostenibili per elevati costi impiantistici

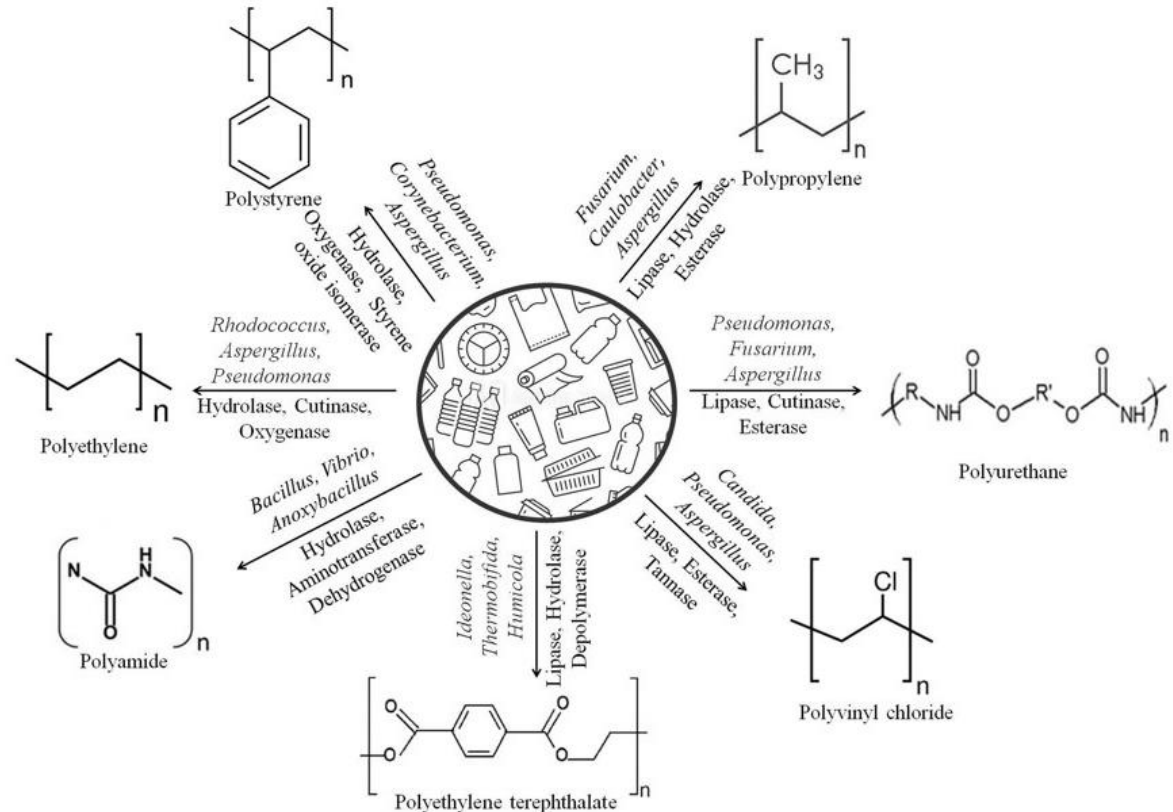


Degradazione enzimatica delle plastiche

In condizioni adeguate, diversi microrganismi agiscono come potenziali degradatori di plastica.

Enzimi (quali idrolasi, esterasi, lipasi, e tannasi) sono un'alternativa eco-friendly alla depolimerizzazione con metodi chimico-fisici ma il tasso di biodegradazione è intrinsecamente lento.

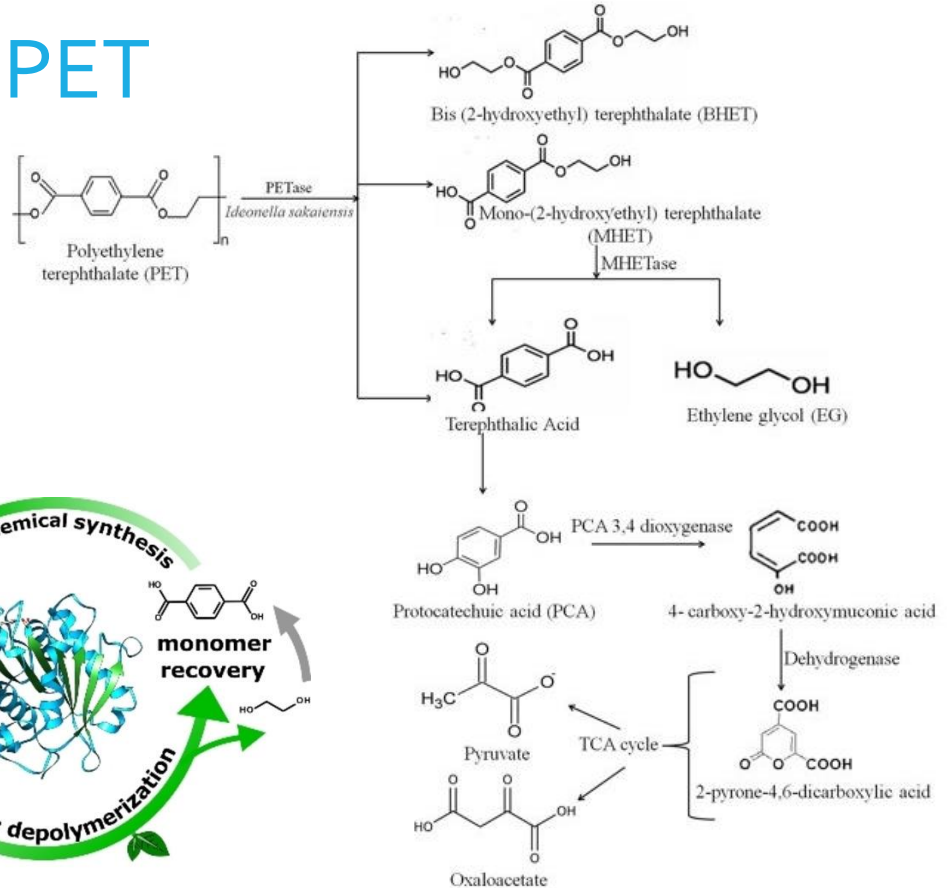
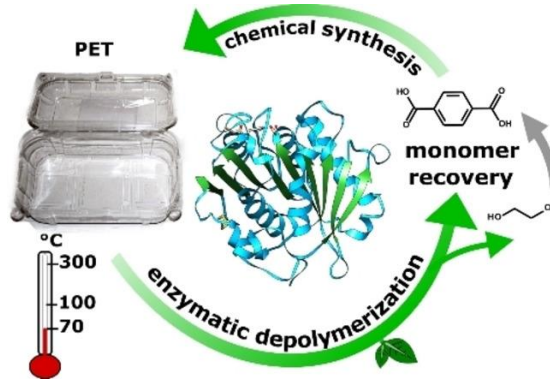
Manipolazione genetica e ingegneria metabolica e bioinformatica sono i potenziali approcci per un aumento dei tassi di biodegradazione.



Idrolisi enzimatica del PET

Ideonella sakaiensis è un batterio in grado di degradare in modo quasi completo un film sottile di polietilentereftalato in 6 settimane a una temperatura di 30 gradi

Un enzima poliestere idrolasi (PETasi) degrada rapidamente il polietilene tereftalato amorfo (PET) a 70°C in acido tereftalico e glicol etilenico.



Riciclo meccanico del PET

- Nuovi contenitori, fibre per imbottiture, maglioni, moquette, interni per auto.



Il 75% del materiale utilizzato per fabbricare una maglietta può essere dato da bottiglie di bevande gassate riciclate. Con 20 bottiglie si confeziona 1 pile.



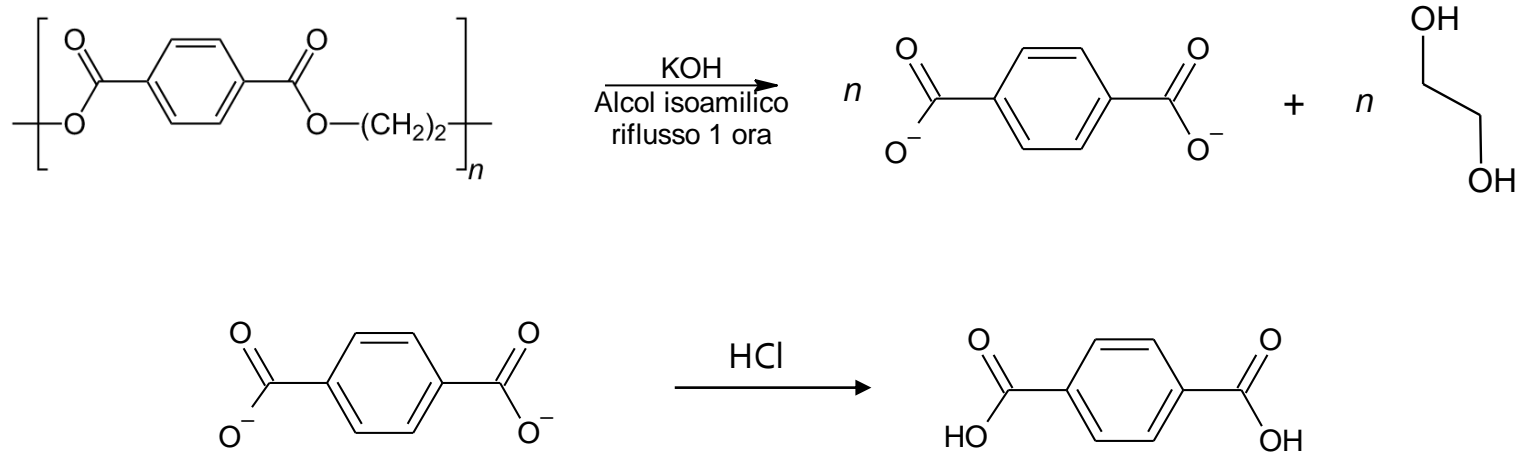
Bio based PET



- La molecola del PET si compone di due elementi principali: Acido Tereftalico, che ne rappresenta il 70%, e il Mono Etilene Glicole, detto anche MEG per il restante 30%.
- Le nuove tecnologie oggi consentono di ottenere **MEG da fonti rinnovabili**.
- Grazie alla lavorazione della canna da zucchero e ad un processo di fermentazione si ottiene l'Etanolo, dal quale successivamente ad altre lavorazioni si ottiene il MEG di origine vegetale, che rende il PET, bio based PET.
- Questa plastica innovativa è anche al 100% riciclabile.

Riciclo chimico del PET

Idrolisi basica del PET in acido tereftalico e glicol etilenico





LABORATORIO

Idrolisi basica del PET

*Le attività di laboratorio sono state condotte in collaborazione col prof. **Salvatore Ruggiero**,
Insegnante Tecnico Pratico di Laboratorio di Chimica Organica*

Materiali e reagenti

- 4,00 g di PET
- 35 mL alcol isoamilico
- 3,60 g di KOH
- HCl 1:10
- Pallone da 250 mL
- Mantello riscaldante e refrigerante a ricadere
- Stativo, pinze, tubi di gomma
- Cilindro graduato da 50 mL
- Ancoretta magnetica
- Imbuto separatore, imbuto di vetro, batuffolo di cotone
- Beuta codata, imbuto buchner e pompa da vuoto
- Bilancia tecnica, navicella

Metodica

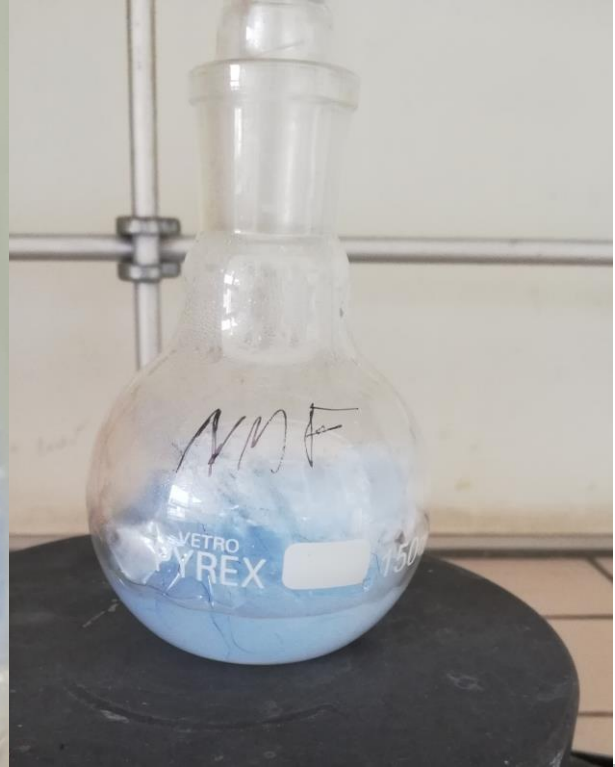
Si taglia in piccoli pezzi una bottiglia di PET e se ne pesano 4.00 g.



Si aggiungono in un pallone da 250 mL: i frammenti di plastica, 35 mL di alcol isoamilico e 3,6 g di KOH. Si porta la miscela a bollire a ricadere per 1 ora, usando un mantello riscaldante o una piastra riscaldante.



Osservazione: il PET in un primo momento si decolora, successivamente si solubilizza nell'alcol e comincia a reagire producendo un precipitato bianco di ftalato di potassio insolubile nel solvente usato.

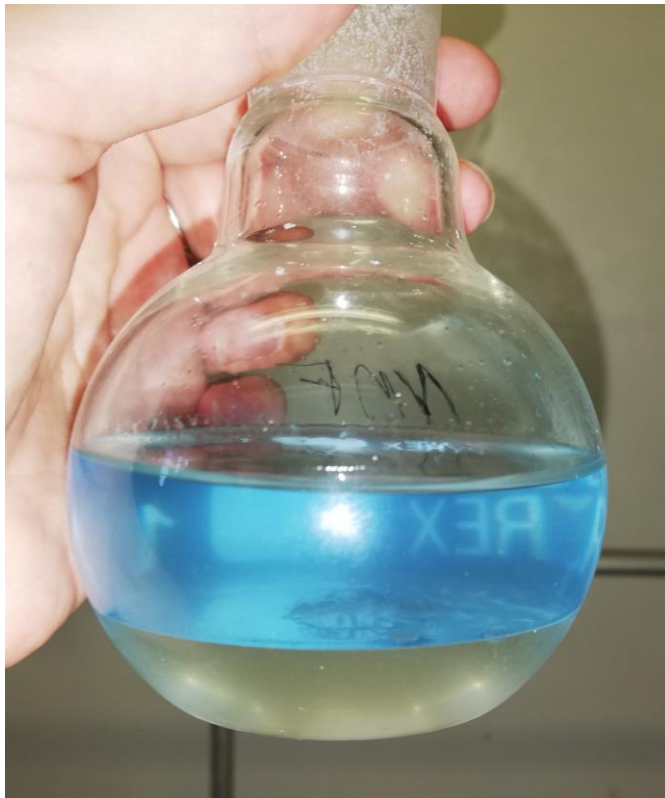


Durante la reazione aumenta la quantità del precipitato bianco. Dopo circa 1 ora, si smonta l'apparecchiatura e si raffredda la miscela a temperatura ambiente: si nota la formazione di due fasi.

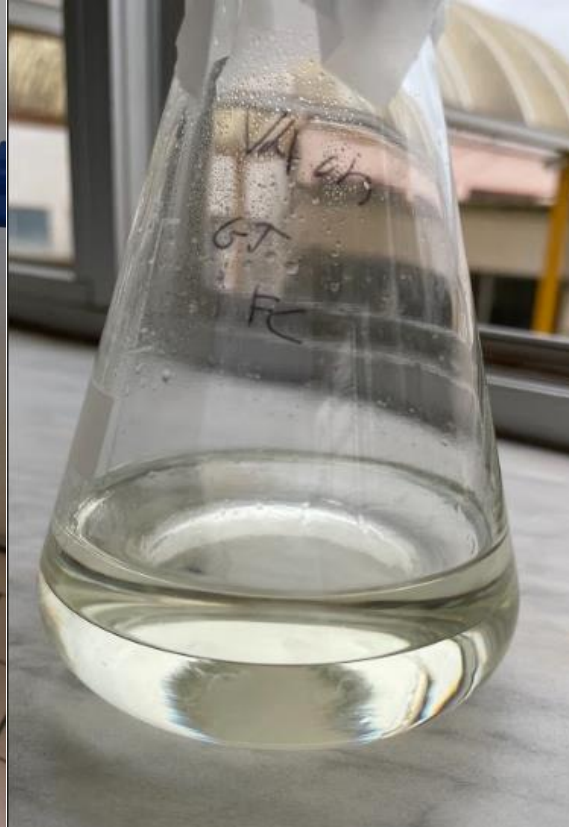


Al pallone di reazione, sotto agitazione, si aggiungono 25 mL di acqua fino a solubilizzare il solido bianco presente (sale dell'acido tereftalico).

Si trasferisce la miscela bifasica in un imbuto separatore, attraverso un imbuto di vetro con un piccolo batuffolo di cotone.



Si separa la fase acquosa da quella organica raccogliendola in una beuta da 250 mL.



Si lava la fase organica rimasta nell'imbuto separatore con altri 25 mL di acqua distillata e la si unisce a quella raccolta precedentemente.

Si aggiunge lentamente HCl 1:10 alla fase acquosa fino a pH acido e si raffredda in un bagno a ghiaccio per far precipitare tutto l'acido tereftalico.

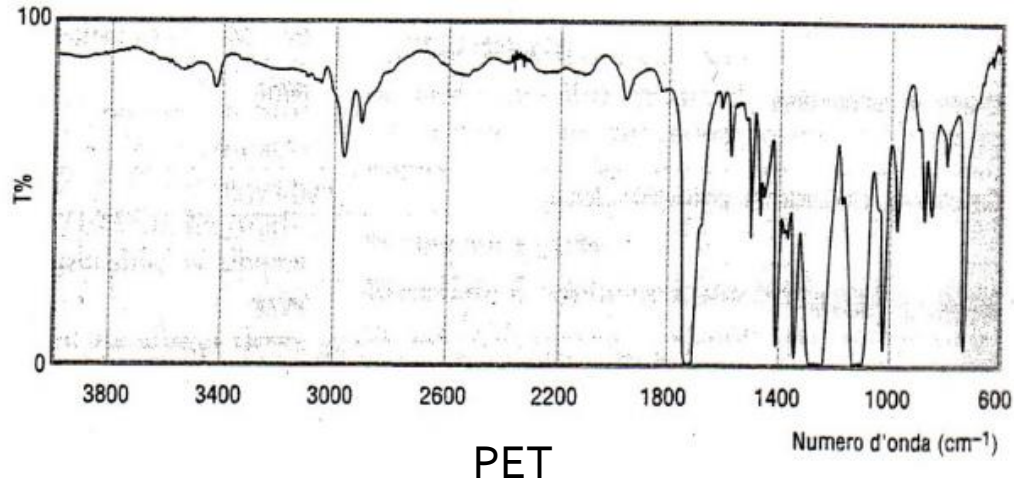


Si filtra sotto vuoto la sospensione bianca, si essicca il solido, si pesa e si calcola la resa (91,7%)



Caratterizzazione

Registrare e confrontare lo **spettro IR** del PET e dell'acido tereftalico ottenuto dalla reazione di idrolisi.



Riferimenti

- A. Priya et al., J Chem Technol Biotechnol 97: 381–390, 2022
- S. Ügdüler et al., Green Chem., 2020, 22, 5376
- D. Kaufman et al., J Chem Education, Vol. 76, No. 11, 1525-1526, 1999
- https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3194556
- <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cssc.202101062>
- Riciclaggio del PET: c'è plastica e plastica!
<https://www.youtube.com/watch?v=zxq4BwdUdIM>
- COREPLA - La seconda vita degli imballaggi in plastica. Dalla raccolta al riciclo:
<https://www.youtube.com/watch?v=dnPPWbwckAk>