



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 PLA

Anna Maria Madaio

IIS «B. Focaccia» Salerno

Acido polilattico (PLA)

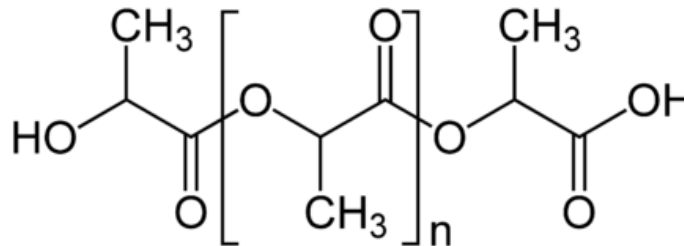
- Poliestere termoplastico, biodegradabile e compostabile
- Si sintetizza a partire dall'acido lattico prodotto dalla fermentazione lattica del glucosio
- Si ottiene da **materie prime o da scarti** (e.g. **mais** o **grano**) della produzione agricola
- La fermentazione industriale avviene grazie a batteri del genere ***lactobacillus***

Fermentazione omolattica (produzione industriale)

glucosio \longrightarrow \longrightarrow acido piruvico \longrightarrow acido (L)-lattico



L'acido lattico può essere prodotto industrialmente anche per sintesi chimica



Produzione per sintesi chimica di acido lattico

Il metodo più comune per la sintesi chimica di acido lattico si effettua a partire da **acetaldeide**, operando ad alta pressione per averla in fase liquida. Questa viene messa a reagire **con acido cianidrico** ed in presenza di una base si ottiene **lattonitrile** il quale, dopo essere stato purificato per distillazione, viene idrolizzato **in acido lattico** tramite l'impiego di un acido forte.

Svantaggi: utilizzo di fonti di origine petrolchimica e produzione esclusiva di miscela racemica di acido DL-lattico con **produzione di PLA amorfo**.

Produzione biotecnologica di acido lattico

Lactobacillus delbrueckii

Gram +, termofilo e anaerobio facoltativo

Rese di conversione del 90-95% di glucosio in acido lattico.

Terreno di coltura: fonti di carbonio molto concentrate (120-180 g/L), vitamine gruppo B ed alcuni amminoacidi; melasse, amido idrolizzato e siero di latte.

Poiché la crescita dei ceppi produttori è inibita dalla diminuzione del pH dovuta all'accumulo di acido lattico, si aggiunge al brodo di coltura **CaCO₃** per mantenere il pH a 5,5-5,8.

Recupero acido lattico: **estrazione con solventi** essendo solubile in acqua non si può cristallizzare

Vantaggi: la fermentazione permette di ottenere acido **L(+)-lattico** otticamente puro e di usare fonti rinnovabili. PLA cristallino.



Fermentazione in batch a 45°-50°C

Applicazioni acido lattico

Industria alimentare (additivo)

- Acidificante, disinfettante, conservante, aromatizzante
- Antimicrobico per la disinfezione delle confezioni destinate a ospitare carni, con aumento della durata di conservazione degli alimenti

Industria cosmetica e farmaceutica

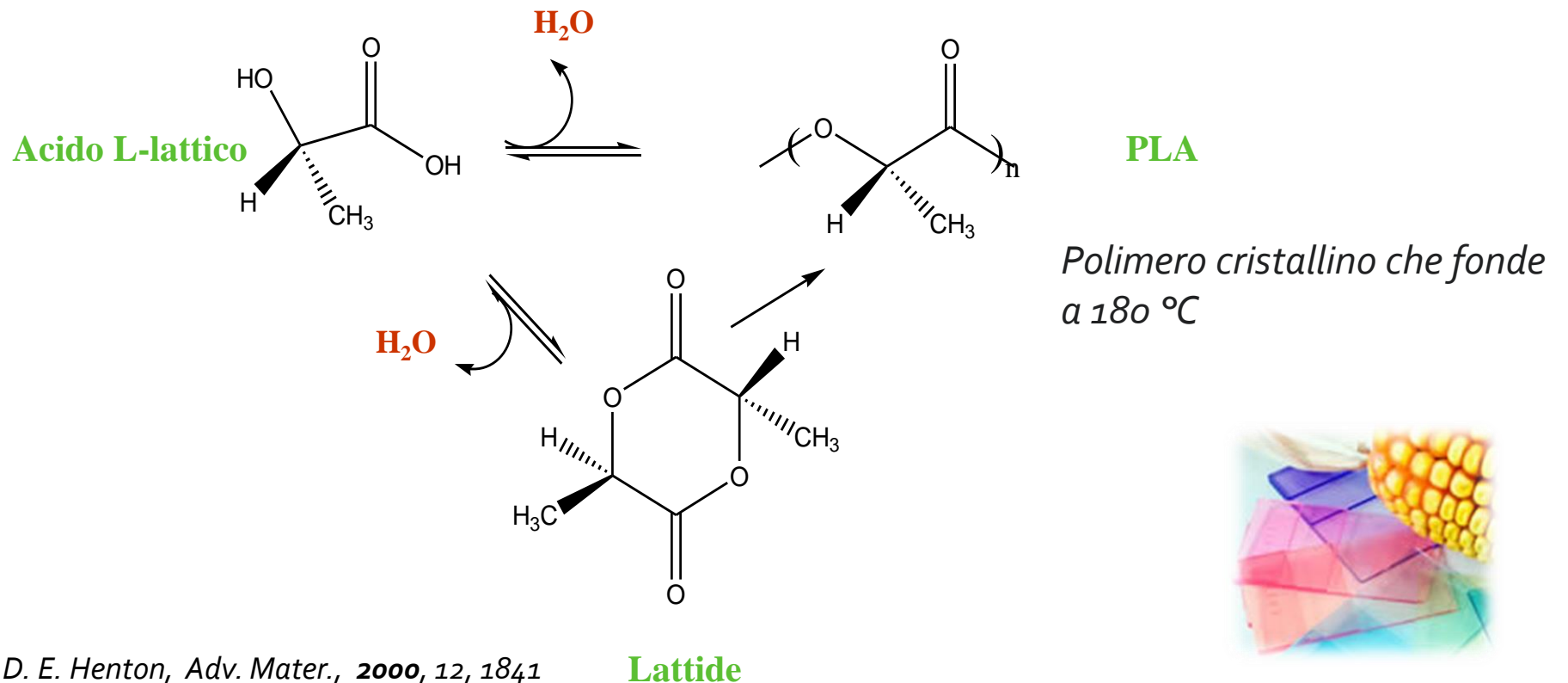
- Idratante e antimicrobico

Industria delle plastiche

- Produzione di PLA

Produzione biotecnologica di PLA

- Condensazione diretta dell'acido L-lattico (sfavorita dalla produzione di acqua)
- Polimerizzazione a più fasi (richiede la formazione del dimero - lactide)



Applicazioni PLA

- imballaggi alimentari e non
- stampa 3D
- stoviglie
- materiali per uso agricolo
- fibre tessili
- applicazioni biomediche (es. viti per fratture)
- chirurgia plastica e ricostruttiva

Impiegato in chirurgia plastica e ricostruttiva, l'Acido L –Polilattico è un polimero ad alta tollerabilità, **biocompatibile** e interamente **riassorbibile** e soprattutto **anallergico** perché di origine non animale.



Le prestazioni meccaniche e di resistenza agli agenti termici dei prodotti in PLA sono assolutamente paragonabili a quelle delle plastiche tradizionali

Biodegradazione PLA

«Relativo» lungo tempo di biodegradazione

Nel terreno o nelle compostiere domestiche:

- fino a 1 anno con $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- fino a 12 settimane a $T > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Costi di produzione superiori alle plastiche convenzionali

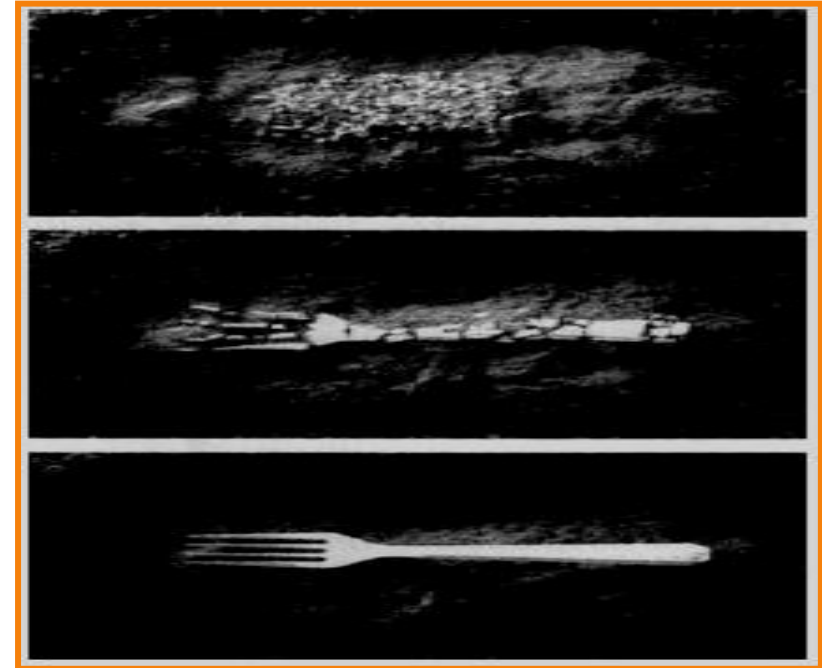
- fermentazione
- purificazione dell'acido lattico (circa il 50% del costo totale)



RICICLO

Norma UNI EN 13432:2002

Biodegradabilità in compost $\geq 90\%$
in max. 180 giorni



45 days

33 days

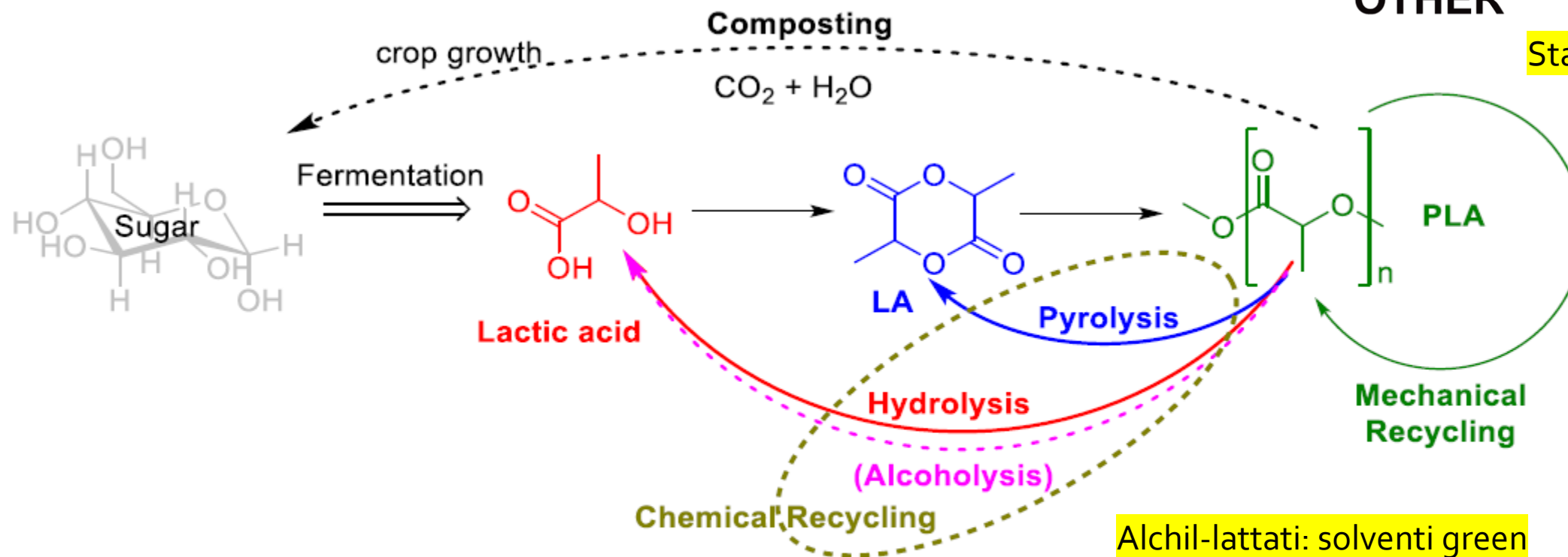
0 days

(PE, PET e PS : 500 – 1000 anni)

RICICLO PLA



Stampa 3D

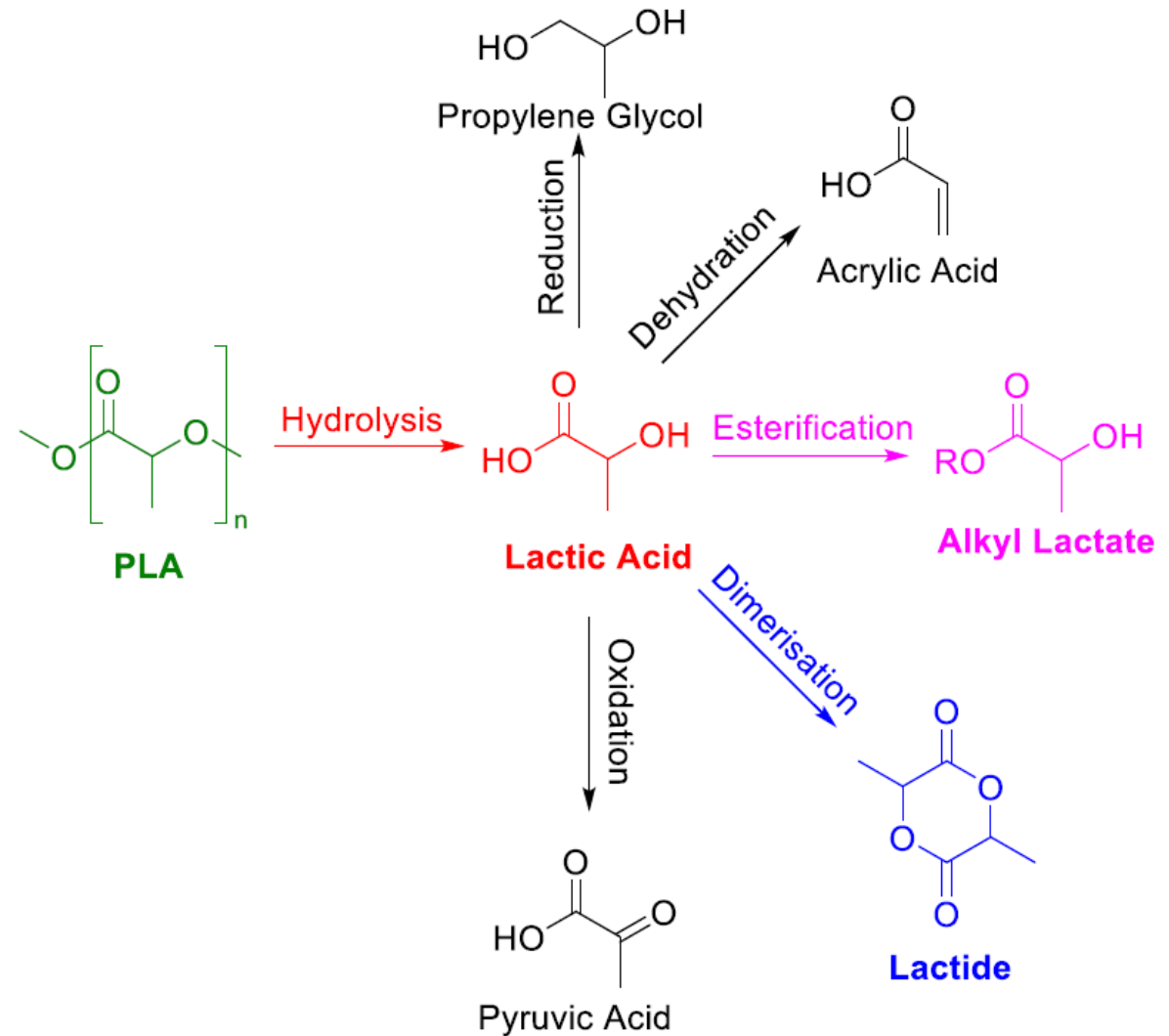


Scheme 1. Poly(lactic acid) (PLA) formation and potential end-of-life scenarios. Note: alcoholysis generates an alkyl lactate (A-La).

Riciclo chimico PLA

Trasformazione in altri prodotti utili
a livello industriale

Energeticamente più favorevole rispetto
alla produzione di materia prima vergine
tramite il costoso processo di
fermentazione industriale



Scheme 3. Hydrolysis of PLA and examples of further transformations. Note: similar transformations are possible from alkyl lactates. Adapted from [67].



LABORATORIO

Idrolisi del PLA

Produzione di una soluzione detergente ad azione antimicrobica

<https://greenchemistry.yale.edu/sites/default/files/files/Recycling%20PLA.pdf>

*L'attività di laboratorio è stata condotta in collaborazione col prof. **Salvatore Ruggiero**,
Insegnante Tecnico Pratico di Laboratorio di Chimica Organica*

Materiali e reagenti

- 5 g bicchiere di PLA
- 10 mL di HCl 6 M + q.b.
- 100 mL di NaOH 1.4 M in etanolo/acqua 1:1
- Beuta da 250 mL e 150 mL
- Cartina al tornasole
- Bacchettina di vetro
- Piastra riscaldante con agitatore magnetico
- Termometro digitale
- Ancoretta magnetica
- Contagocce
- Vetrino da orologio

HCl



NaOH



Metodica

- Tagliare la bioplastica (bicchiere) in pezzi piccoli con le forbici evitando di usare gli angoli spessi del bicchiere. (Più piccoli sono i pezzi, più veloce è la reazione).
- Pesare 5 g di pezzetti di PLA e metterli in una beuta da 250 mL



Metodica

- Misurare 100 mL di una soluzione di NaOH 1.4 M in etanolo/acqua 1:1 e versarli nella beuta contenente i pezzetti di PLA
- Riscaldare a una temperatura di 80°C – 90°C e mantenere la miscela sotto agitazione fino a completa scomparsa dei pezzetti di PLA, di solito dopo 5-15 minuti
- Coprire la beuta con un vetrino da orologio per ridurre l'evaporazione.



Metodica

- Una volta solubilizzati i pezzetti di PLA, rimuovere la beuta dalla piastra e metterla in un bagno a ghiaccio fino a raggiungere la temperatura di 60°C.

La miscela ottenuta è il "PLA idrolizzato"



Metodica

- Usando la cartina al tornasole valutare il pH della miscela (pH ~ 11)
- Aggiungere lentamente HCl 6 M nella beuta (circa 10-15 mL), fino a raggiungere un pH finale compreso tra 4 e 5.
- A tale valore di pH nella soluzione c'è NaCl e acido lattico.

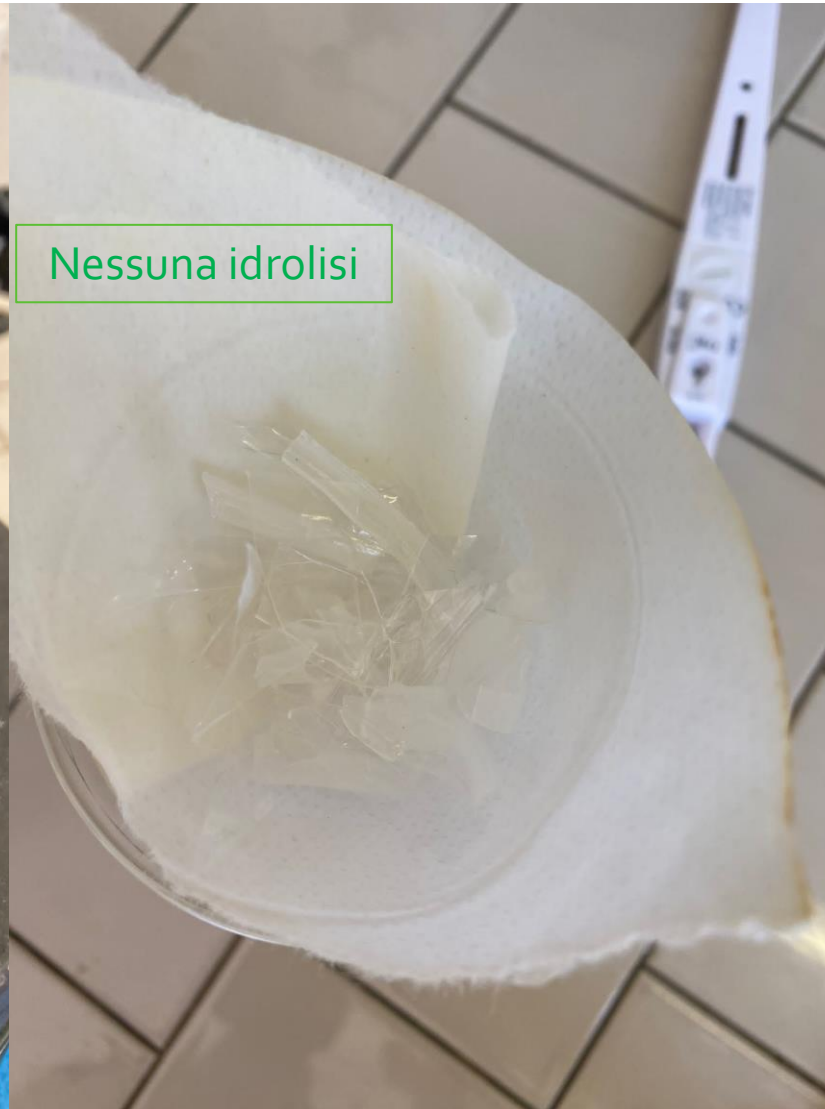
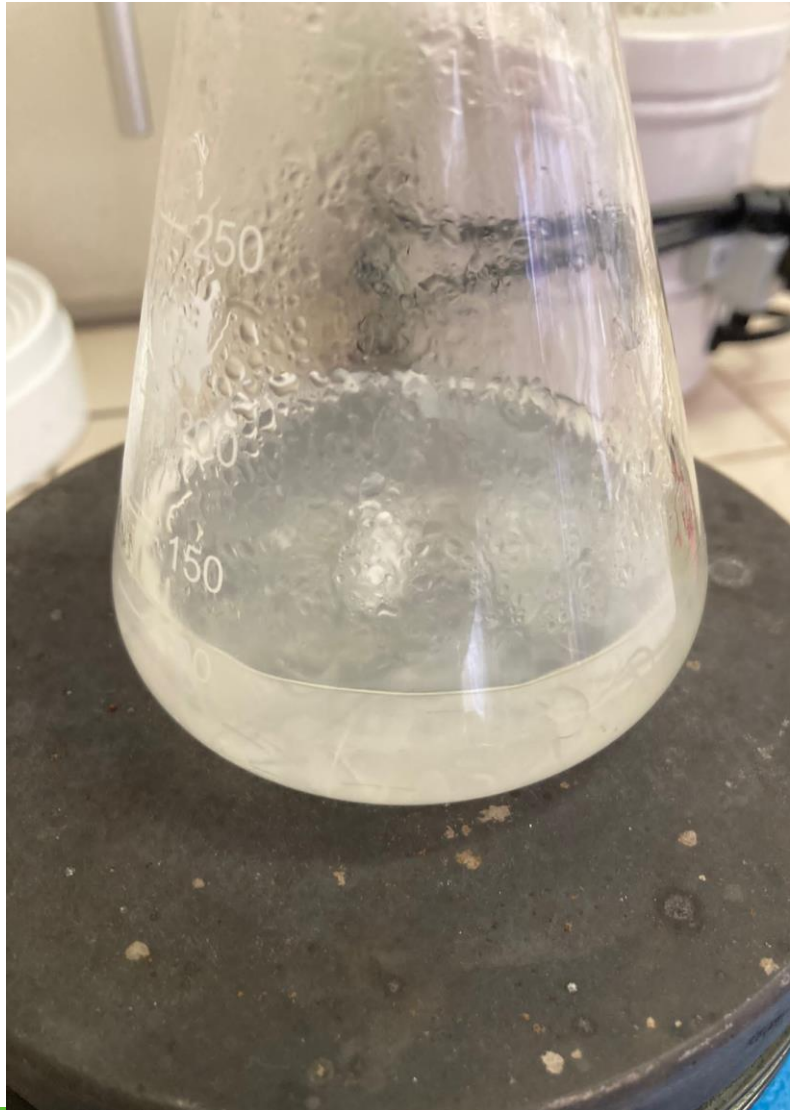
Valutare l'azione detergente della soluzione versandola su una superficie sporca di grasso



Ulteriori spunti

Proviamo con bicchieri di altro tipo???

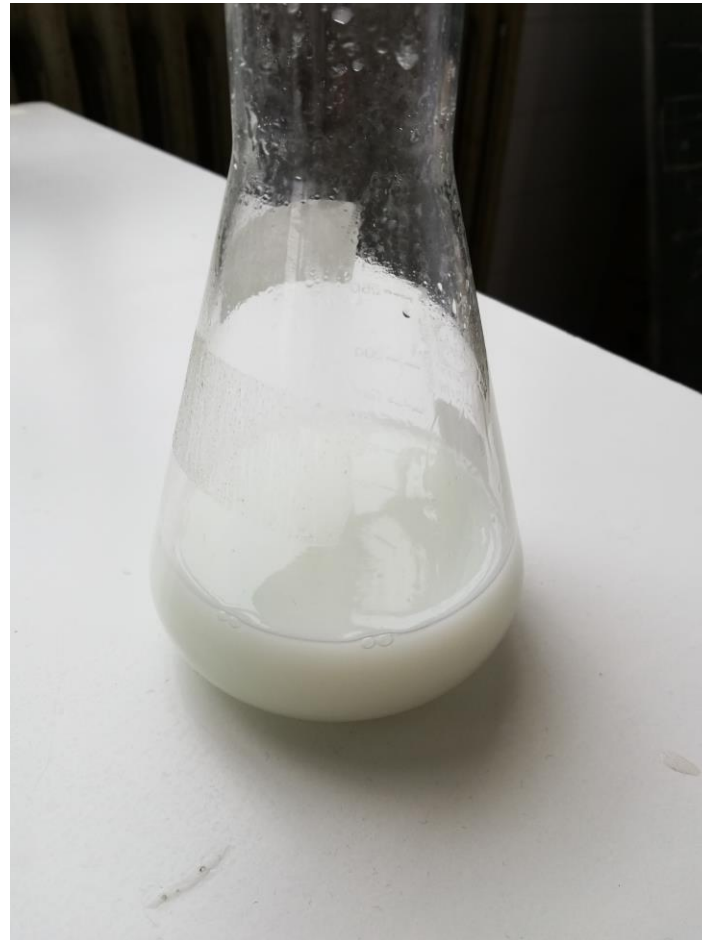
Confronto con bicchieri di PP



Idrolisi con bicchieri di PLA con additivi (bianco)



Idrolisi con bicchieri di PLA con additivi (bianco)



Idrolisi con bicchieri di PLA con additivi (bianco)

