



ECOSISTER ECOSYSTEM FOR SUSTAINABLE TRANSITION IN EMILIA-ROMAGNA

Chimica Verde: Recupero di Scarti dell'Agricoltura per l'Industria del Benessere

Federico Zappaterra, *PhD*
Spoke 3; WP3 – Università degli Studi di Ferrara
9 Nov 2023, Rimini



Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – PNRR

Ecosystem per una transizione sostenibile in Emilia Romagna



- ❑ **Spoke 3:** Manifattura verde per l'economia sostenibile (*Spoke Leader: prof. D. Croccolo UNIBO*)
- **WP 3:** Life cycle e valutazione della sostenibilità di materiali, prodotti e procedure (*coordinatore: prof. C. Trapella UNIFE*)

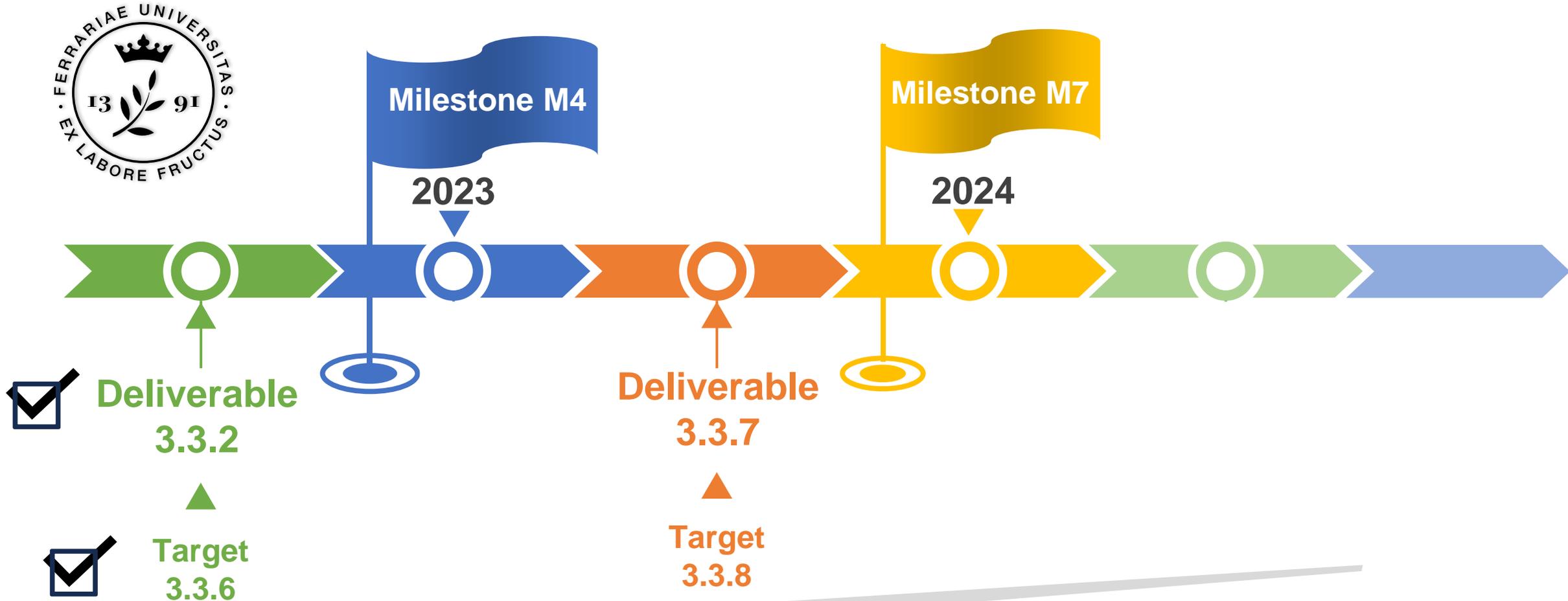


TITOLO PROGETTO DELLA RICERCA

Sviluppo di processi biocatalitici innovativi, sostenibili e dal basso impatto ambientale.

Targets – Deliverables – Milestones

Obiettivi – Risultati da raggiungere – Pietre miliari



Attività svolte da UNIFE nell'ambito dello Spoke3 - WP3

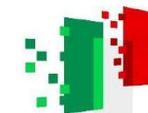


Deliverable D3.3.2 Impianto pilota per la sintesi di nuovi prodotti, passando da modalità Batch a modalità Flow, utilizzando il metodo DoE (Milestone 4 – 30/09/2023)

- 1) In un reattore a scala ridotta, abbiamo studiato la potenzialità di impiegare la miscelazione a bolle per l'enzima supportato, usando diverse pressioni di flussi di aria e azoto.
- 2) Attraverso ottimizzazione di procedure note che impiegano l'enzima supportato CAL-B, abbiamo studiato la possibilità di desimmetrizzare il nucleo meso di diammine per la sintesi di precursori di fine chemical, quale l'agente antitumorale Nutlin-3a.
- Target T.3.3.6** “Produzione di fine chemicals usando l'impianto pilota e produzione mediante un secondo reattore: Sintesi di 200 g di esteri chirali ad uso nutraceutico su un reattore con capacità di 1 Kg

Deliverable D3.3.7 - Impianto pilota per la sintesi di nuovi prodotti, passando da modalità Batch a modalità Flow, utilizzando il metodo DoE (Milestone 7 – 30/09/2024)

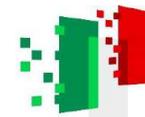
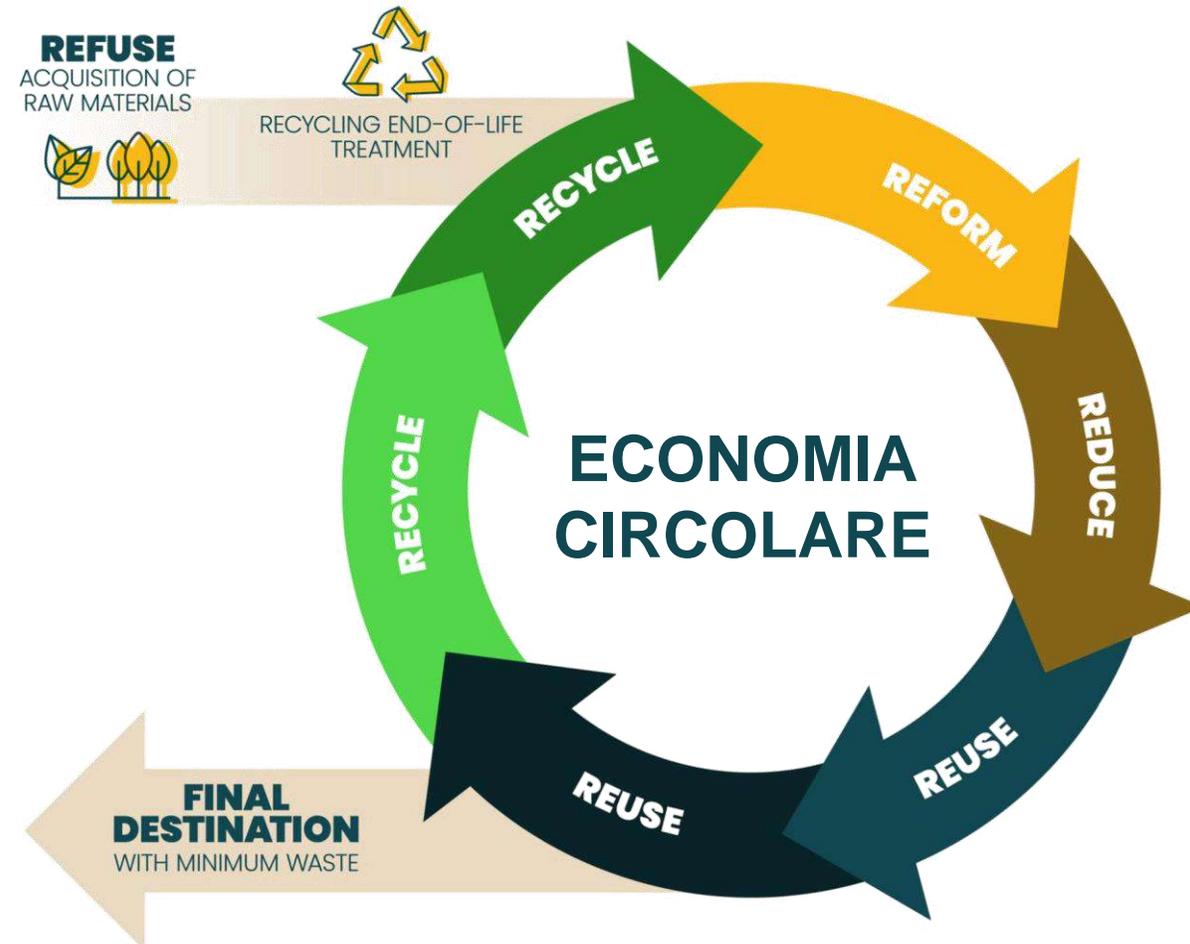
- 1) Prima esecuzione di ottimizzazione tramite metodo DoE della sintesi di diammine chirali, precursori per la produzione di molecole ad interesse farmacologico (Nutlin-3).
- Target T.3.3.8** “Sintesi di nuove entità chimiche attraverso processi in flusso: Processo DoE per la sintesi di esteri chirali nutraceutici usando reattori in flusso



Economia circolare



- i. Massimizzare l'utilizzo delle risorse tramite. **Riduzione, Riutilizzo, Riciclo, Recupero.**
- ii. **Sostenibilità Ambientale:** ridurre l'impatto ambientale, promuovendo pratiche agricole sostenibili e la **valorizzazione di scarti di produzione.**
- iii. **Riduzione dello Spreco:** L'economia circolare mira a eliminare lo spreco, siano essi **materiali**, energia o risorse.
- iv. **Dalla Gestione dei Rifiuti alla Valorizzazione:** Questi approcci trasformano ciò che potremmo considerare tradizionalmente "rifiuti" in risorse preziose.

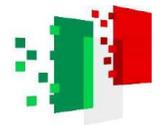
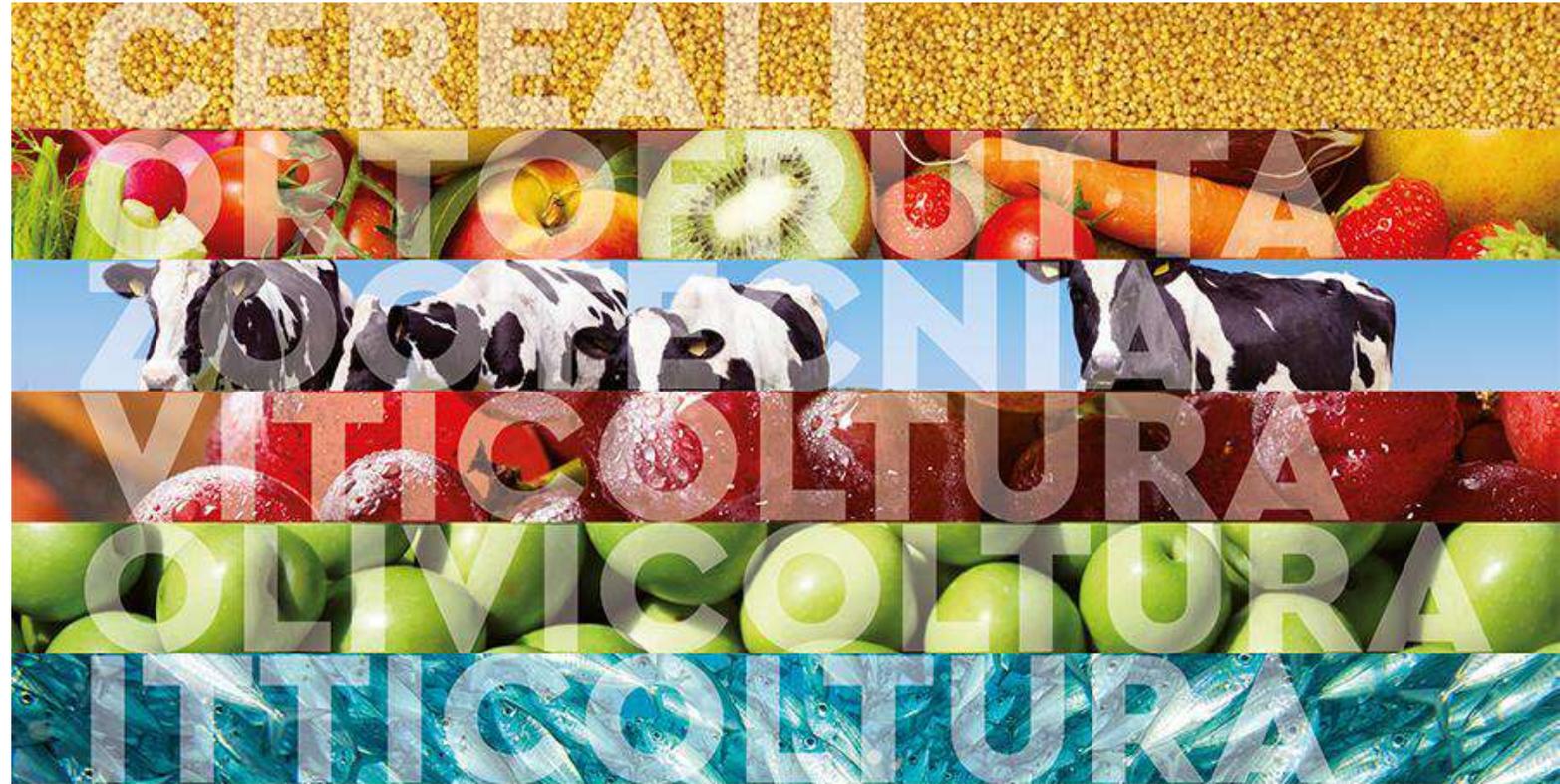


Dove si può intervenire



con quali scarti?

- i. Produzione Agricola
- ii. Lavorazione degli Alimenti
- iii. Produzione Lattiero-Casearia
- iv. Viticoltura e Vinificazione

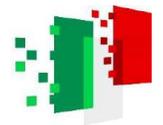
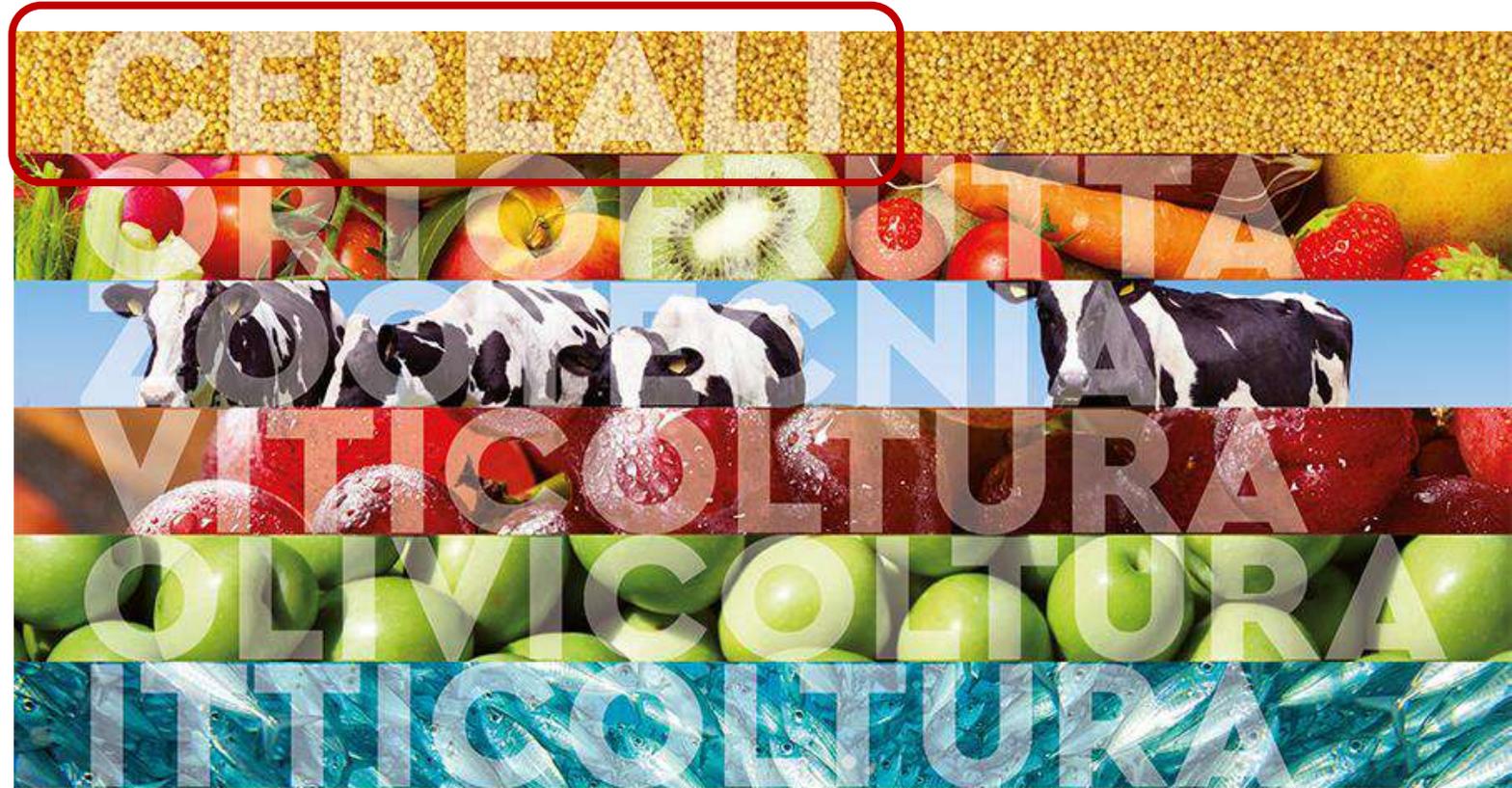


Dove si può intervenire



con quali scarti?

- i. Produzione Agricola
- ii. Lavorazione degli Alimenti
- iii. Produzione Lattiero-Casearia
- iv. Viticoltura e Vinificazione



Dove si può intervenire

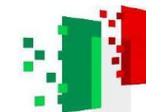
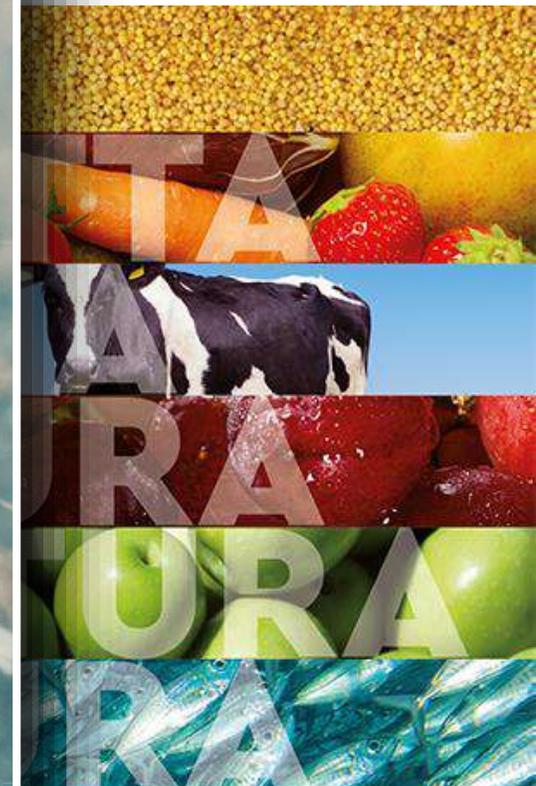


con quali scarti?

- i. Produzione Agricola
- ii. Lavorazione degli Alimenti
- iii. Produzione Lattiero-Casearia
- iv. Viticoltura e Vinificazione



Paglia

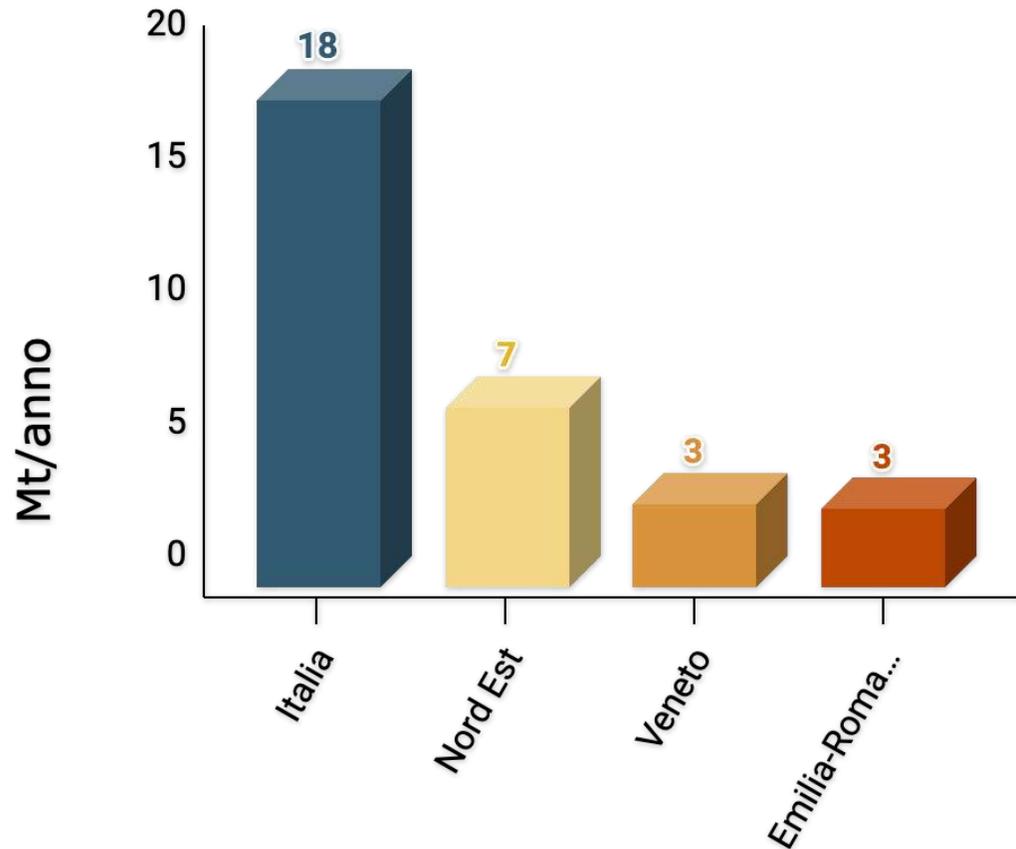


Paglia: da scarto a risorsa del territorio

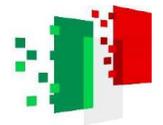
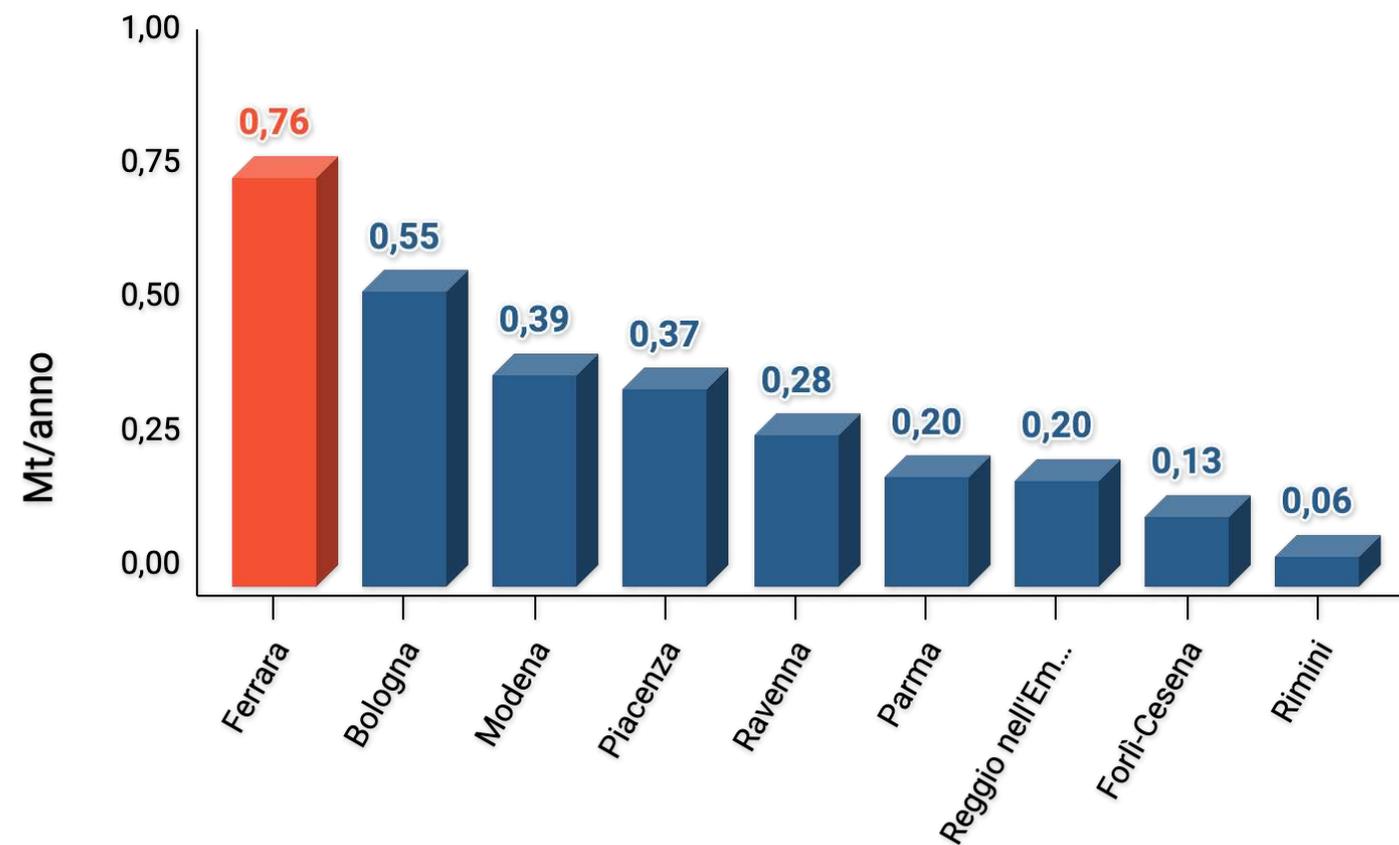


Produzione Cerealicola 2023

Italia e Nord Est



Province ER



Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



paglia



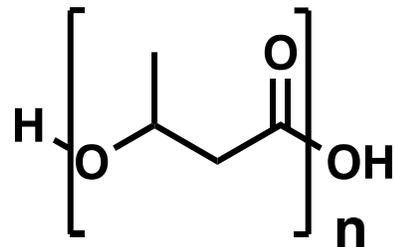
matrici
cellulosiche



melasso

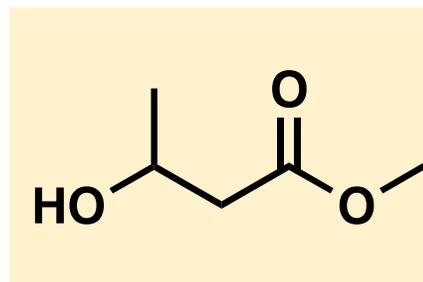


Scarti agrifood



Poliidrossibutirrato – PHB
Polimero bio-based

CH₃OH



3-idrossibutirrato metile
3HB-Me



fermentazione

depolimerizzazione
enzimatica

Farmaceutica



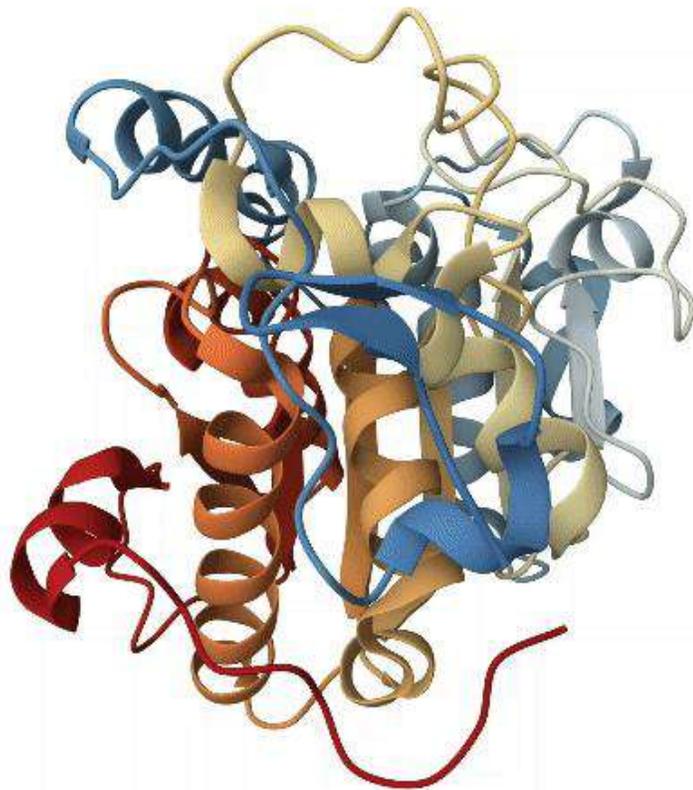
Cosmeceutica



Nutraceutica



Enzimi: BioCatalizzatori



Lipasi di tipo B
da *Candida antarctica*

- i. **Sostenibilità ambientale:** biodegradabili e sostenibili, riducendo l'impatto ambientale nei settori chimico, farmaceutico e delle bioplastiche.
- ii. **Flessibilità:** possono essere modificati per applicazioni industriali personalizzate.
- iii. **Efficienza energetica:** risparmiano energia con reazioni a basse temperature/pressioni.
- iv. **Specificità:** sono altamente specifici, ideali per farmaci e alimenti.
- v. **Continua innovazione:** La ricerca sugli enzimi è in continua evoluzione, creando nuove applicazioni e migliorando l'efficacia dei processi biotrasformativi.

Attività svolte da UNIFE

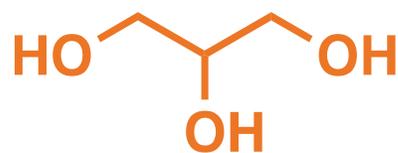
Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



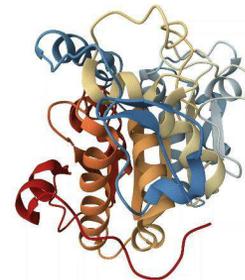
GLICEROLO

- Sottoprodotto produzione biodisel
- Risorsa Abbondante
- Versatilità
- Biodegradabilità

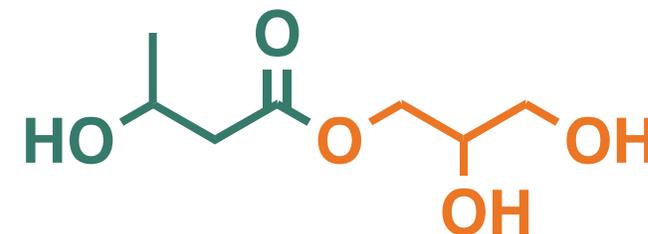
SINTESI GREEN SENZA SOLVENTI



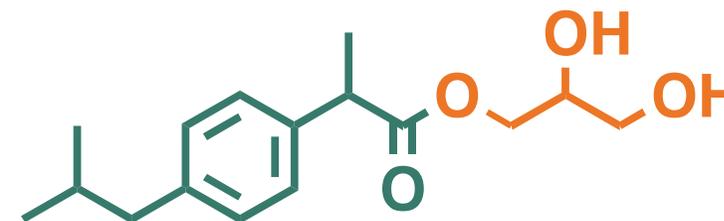
glicerolo
bio-based



Solvent free



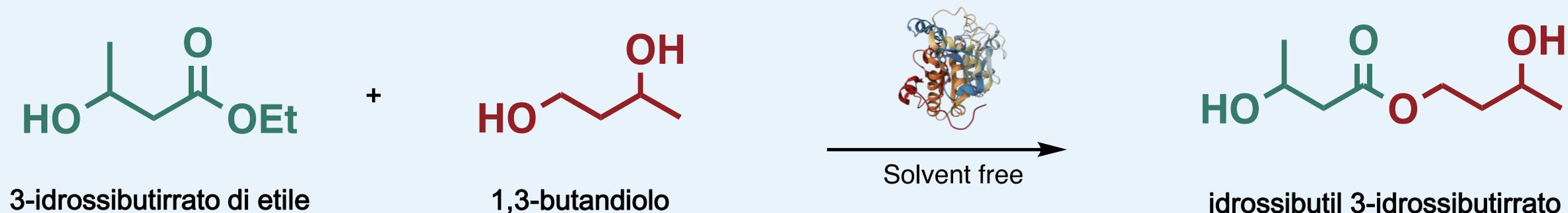
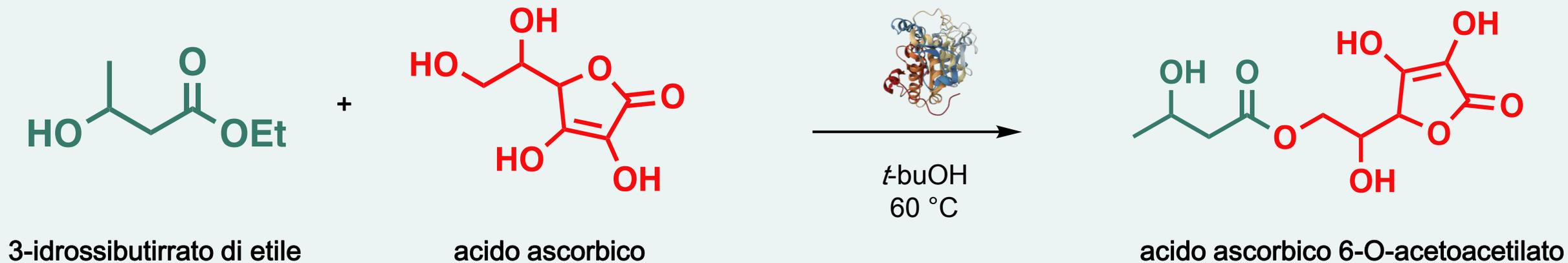
derivati nutraceutici



derivati farmaceutici

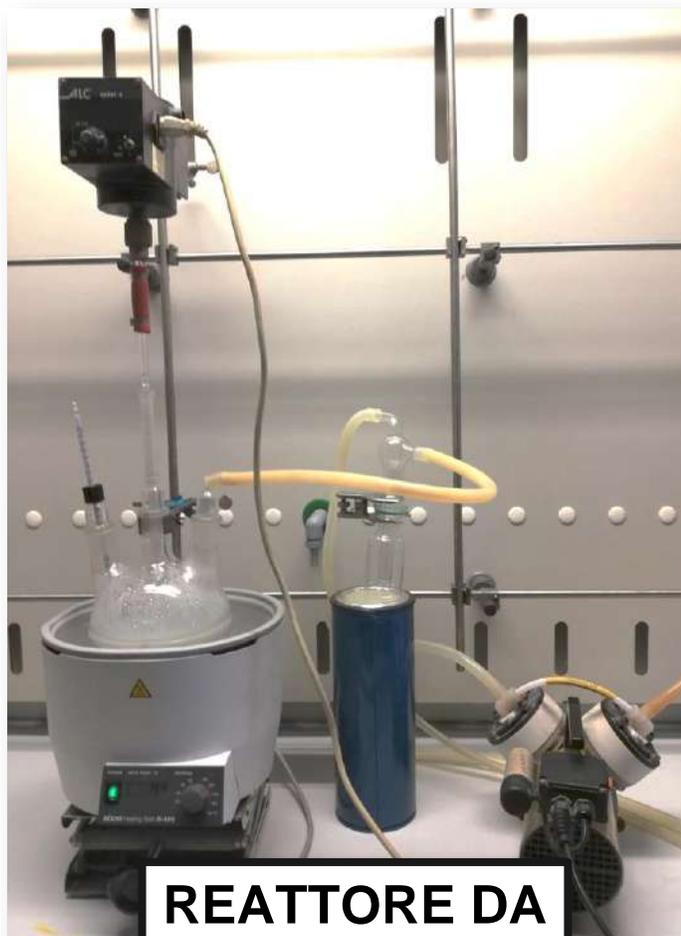
Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



**REATTORE DA
500 g**

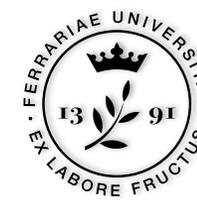
**SCALE UP
BIOREATTORI**



**REATTORE DA
1 Kg**

Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



SCALE UP
BIOREATTORI



**REATTORE DA
10 Kg**

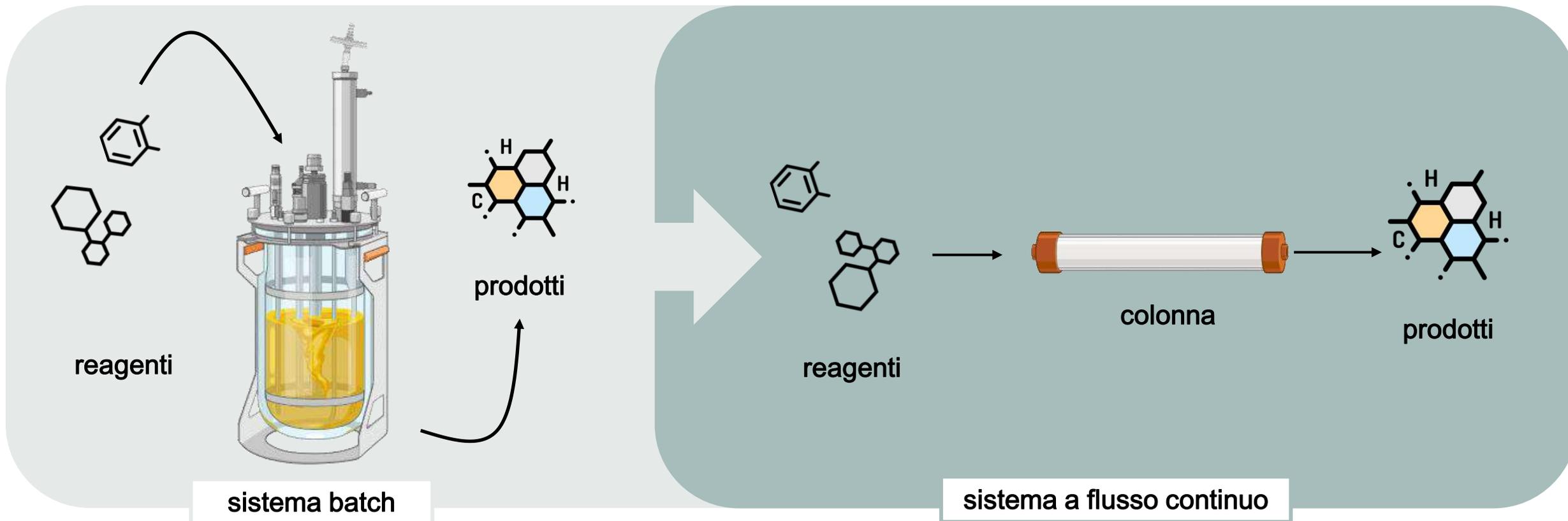


Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



da reazioni batch a «*in flusso*»



Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



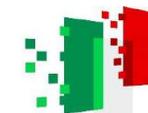
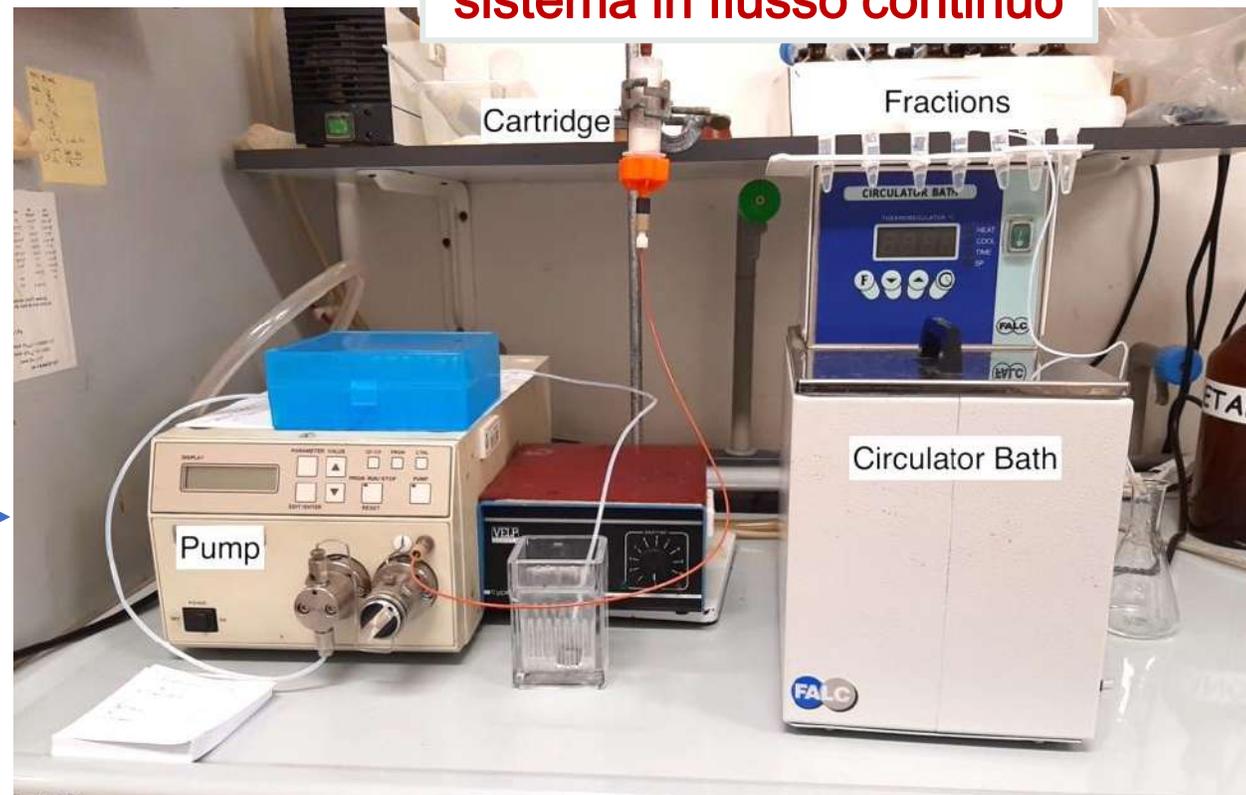
da reazioni batch a «*in flusso*»

sistema batch



DoE

sistema in flusso continuo



Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



MOLECULAR SIEVE IS AVAILABLE IN



SPHERICAL BEADS



CYCLINDRICAL PLATES



POWER FORM



CAL-B
Novozym435

Enzima
supportato
su resina



Novozym 435

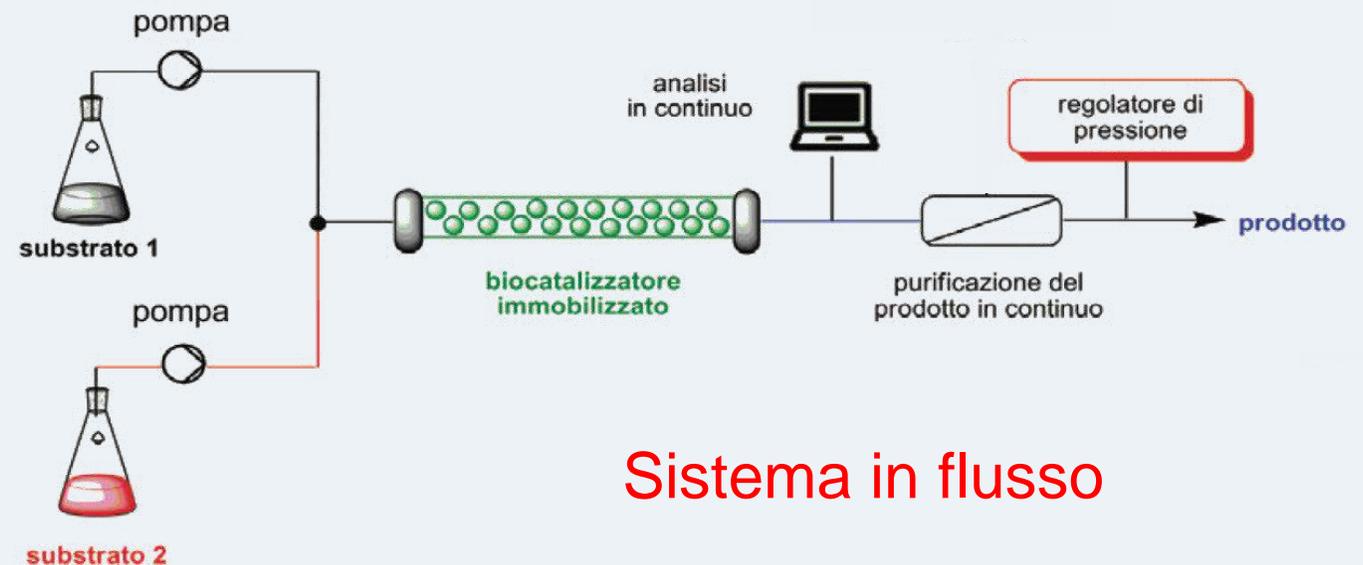
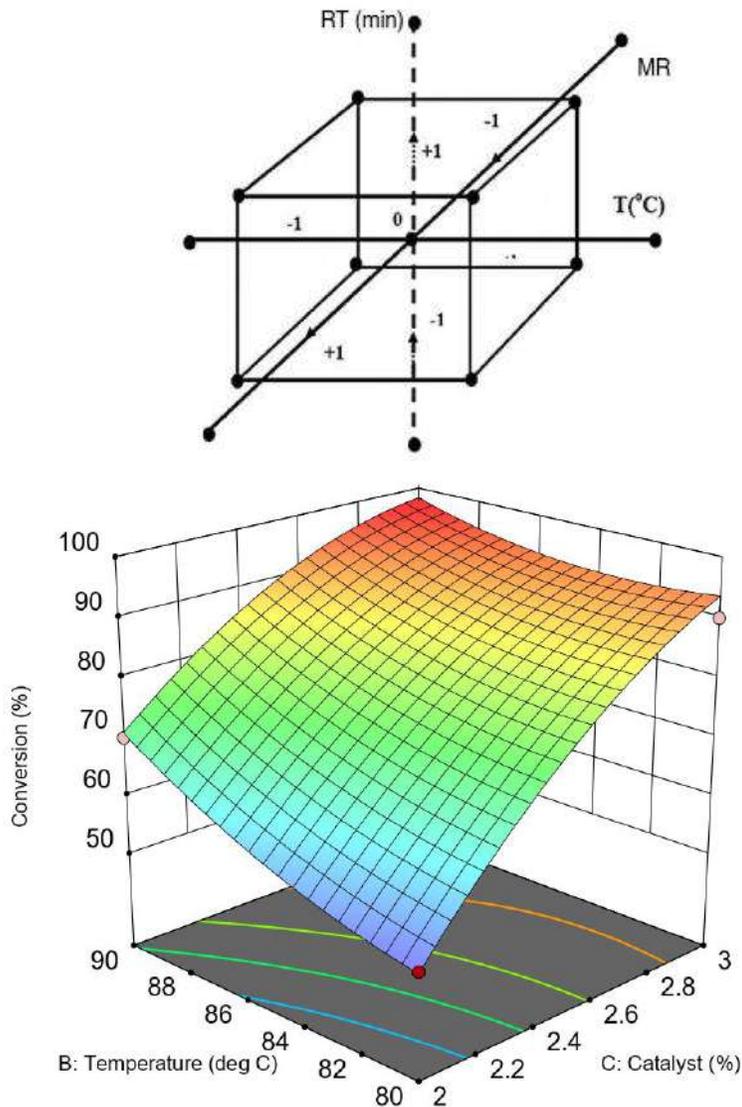
Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



Statistical Design of Experiment (DoE)

- Rapporto Molare (MR)
- Temperatura (T)
- Tempo di Residenza



Sistema in flusso



Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



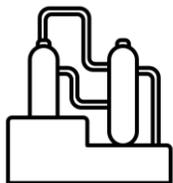
CONCLUSIONI



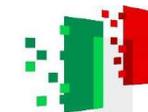
- ✓ Reazioni per la produzione di prodotti farmaceutici e nutraceutici di alto valore sono state sviluppare tramite **tecnologie green**, con l'impiego di enzimi riutilizzabili e sistemi **solvent-free**.



- ✓ Allestimento reattori su scala da 1 kg e ottimizzazione dei parametri mediante **Design of Experiment (DoE)**.



- ✓ Sono attualmente in corso i test del nuovo **metodo in flusso** per la sintesi su larga scala, sulla base delle condizioni di reazione batch

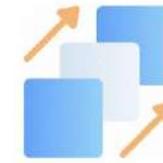


Attività svolte da UNIFE

Gruppo di Chimica Organica e Farmaceutica



Prospettive future..



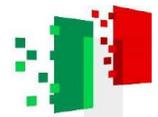
- Produzione di 1 Kg di prodotto di esterificazione utilizzando un **nuovo impianto con reattori a scala semi-industriale (10 Kg)**.



- Studio di **ottimizzazione dei parametri del processo in flusso** mediante il metodo DoE delle reazioni solvent-free catalizzate da enzimi.



- Finalizzazione dello studio **LCA in collaborazione con UNIPR e UNIMORE** del prodotto di esterificazione.



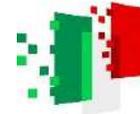
**THANK
YOU**



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



**Ministero
dell'Università
e della Ricerca**



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

