

# Sviluppo di bioraffinerie per la sintesi di prodotti di interesse industriale

Dr. Fabrizio Di Caprio

[fabrizio.dicaprio@uniroma1.it](mailto:fabrizio.dicaprio@uniroma1.it)

La transizione verde dell'economia necessita di una chimica industriale alternativa in grado di sostituire le materie prime fossili con fonti a minor impatto ambientale. L'utilizzo di biomasse è attualmente tra le alternative più promettenti. Tuttavia, buona parte della biomassa deriva oggi da piante terrestri appositamente coltivate, generando seri problemi di sostenibilità dovuti alla crescente deforestazione in atto per l'ottenimento di terreni fertili. Risulta quindi necessario sviluppare processi basati sull'uso di biomasse alternative.

In questa direzione, la mia attività di ricerca si è principalmente incentrata verso lo sviluppo di processi per la sintesi di biomassa microalgale, e per la sua valorizzazione e raffinazione.

Le microalghe sono delle promettenti alternative perché, come le piante terrestri, sintetizzano composti organici complessi mediante fotosintesi, ma possono farlo senza la necessità di usare terreni fertili, utilizzando acque reflue o acqua salata, e con produttività per unità di superficie più di dieci volte superiori alle piante terrestri più produttive. Inoltre, l'elevato controllo ottenibile negli impianti algali, e la grande flessibilità metabolica delle alghe, rendono queste produzioni molto meno suscettibili ai cambiamenti climatici. Il metabolismo delle microalghe può essere indirizzato verso la sintesi di specifici composti di interesse, quali: proteine ad alto valore biologico (fino al 60% in peso), trigliceridi più o meno ricchi in omega-3 (es. EPA e DHA), polisaccaridi (es. amido), carotenoidi (es. luteina, astaxantina), vitamine, sostanze fenoliche e steroli.

Tuttavia, le produzioni microalgali hanno attualmente due principali limiti: 1) i consumi energetici ( $\geq 6$  kWh/kg) e i costi di produzione ( $\geq 5$  €/kg) limitano molte delle possibili applicazioni, principalmente a causa dalla necessità di usare un elevato rapporto S/V dei fotobioreattori, per garantire un'adeguata illuminazione. 2) I processi di estrazione e raffinazione delle molecole intracellulari sono ancora ad uno stadio precoce di sviluppo tecnologico, limitandone lo scale-up industriale.

Per ridurre i costi di produzione e i consumi energetici, nella mia attività di ricerca ho lavorato allo sviluppo di processi in cui la sintesi di biomassa microalgale è stata integrata al trattamento di reflui, per effettuare la sintesi di molecole ad alto valore aggiunto utilizzando inquinanti organici e inorganici come substrati reagenti. I substrati organici sono stati sfruttati come fonte energetica per alimentare il metabolismo eterotrofo e mixotrofo, e consentire l'incremento della produttività con ridotta dipendenza dalla luce e dal rapporto S/V dei reattori. La contaminazione da microorganismi non target è tuttavia uno dei principali problemi in questo tipo di processi. Per tale motivo, una parte consistente della ricerca ha riguardato lo sviluppo di specifiche strategie di controllo nella modalità di alimentazione dei reagenti, al fine di selezionare le microalghe, sfruttando le diverse e specifiche risposte metaboliche a condizioni di *starvation*. Lo studio dell'efficienza dei sistemi di selezione microbica ha richiesto lo sviluppo e l'applicazione di sistemi citofluorimetrici di analisi a singola cellula, che sono stati sviluppati e utilizzati per quantificare, comprendere e controllare l'eterogeneità cellula-cellula all'interno del bioreattore.

L'attività di ricerca relativa alle microalghe ha riguardato anche lo sviluppo di processi di *downstream* per l'estrazione di molecole ad elevato interesse industriale, tra i quali in particolare i carotenoidi e l'amido, con il fine di minimizzare le operazioni unitarie e i consumi energetici. A tale scopo sono stati studiati sistemi fisici di lisi cellulare integrati ad estrazioni con solventi alcolici e sistemi acquosi bifasici.

Parte dell'attività di ricerca ha inoltre riguardato la valorizzazione di sottoprodotti agro-industriali (lieviti e sansa di olive) per la produzione di adsorbenti per la rimozione di inquinanti da acque contaminate. Tale attività ha riguardato lo sviluppo di processi di carbonizzazione idrotermale integrati alla precipitazione di ossidi di ferro per la sintesi di adsorbenti a basso costo per la rimozione di arsenico.