UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

# COURSE SYLLABUS

# Biotechnological Processes and Biorefineries

**2526-3-E0201Q079**

## Obiettivi

I processi microbici si trovano al centro della rivoluzione concettuale che sta promuovendo il passaggio da una economia lineare ad una circolare, e più precisamente verso una Bioeconomia Circolare. Questo si basa principalmente sulla consapevolezza che i microrganismi svolgono un ruolo chiave nei cicli biogeochimici del Pianeta e sono in larga parte responsabili del suo equilibrio dinamico. Inoltre, ubiquità ed infallibilità microbica determinano che i prodotti di una trasformazione microbica diventino substrati per una successiva. Questo principio, unitamente alla constatazione che l'overshoot day (giorno in cui si finisce di utilizzare quel che il pianeta ha prodotto) dal 1972 anticipa ogni anno, converge nella volontà di consolidare processi microbici che siano competitivi con gli attuali ma che siano sostenibili ed a mino rimpatto ambientale. L'insegnamento si propone di introdurre e sviluppare argomenti e problematiche relative ai processi produttivi di prodotti di interesse per le biotecnologie industriali. Verranno esaminate le caratteristiche chiave di diversi prodotti e come il processo produttivo si ottimizza su tali caratteristiche, in relazione anche alle crescenti esigenze di sostenibilità e basso impatto ambientale, anche per sviluppare un personale senso critico.

Conoscenza e capacità di comprensione.
Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà conoscere i principi ed i concetti di bio-based processes, bioraffineria, confronto di generazioni, parti chiave di un bioprocesso, confronto tra bioprocessi, analisi di criticità e sensibilità.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione.
Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà essere in grado di applicare le conoscenze acquisite per poter valutare lo sviluppo di un bioprocesso.

Autonomia di giudizio.
Lo studente dovrà essere in grado di elaborare quanto appreso e saper riconoscere le situazioni e i problemi in cui i bioprocessi possano essere messi in atto. L'attività didattica, soprattutto nella sua parte di DI, nonchè le open discussion sono propedeutiche a questo apprendimento.

Abilità comunicative.

Alla fine dell'insegnamento lo studente saprà esprimersi in modo appropriato nella descrizione delle tematiche affrontate con proprietà di linguaggio e sicurezza di esposizione.

Capacità di apprendimento
Alla fine dell'insegnamento lo studente sarà in grado di consultare la letteratura sugli argomenti trattati e saprà analizzare, applicare e integrare e collegare le conoscenze acquisite con quanto verrà appreso in insegnamenti correlati alla produzione di una vasta gamma di prodotti a partire da biomasse attraverso l'uso di microrganismi e/o enzimi.

## Contenuti sintetici

L'insegnamento fornirà conoscenze di base per comprendere e descrivere i differenti campi di applicazione delle biotecnologie industriali, in riferimento a processi produttivi. Questo implica di approfondire concetti quali la bioprospezione, ma al contempo tecnologie di screening e di sviluppo di processi dall'upstream (inclusa la formulazione dei terreni) fino alla formulazione finale del prodotto ed al calcolo del ciclo di vita del processo stesso. In questa logica, una delle tecnologie chiave che è stata sviluppata ed è attualmente in consolidazione è la bioraffineria, dove biomasse residuali vengono valorizzate inuna serie di prodotti differenti, ad alto e basso valore aggiunto, che possano idealmente sostituire quelli di derivazione petrolchimica. A supporto di quanto descritto, verranno forniti numerosi esempi di processo, consolidati e in sviluppo, che di volta in volta permetteranno di portare in luce uno o più aspetti chiave di questa tecnologia di avanguardia. Verranno forniti elementi per comprendere quali sono le materie prime ed i processi di downstream e poi si percorreranno diversi processi che ripercorrono complessità e sviluppi crescenti, nonché processi antichi ed accettati fino a processi di frontiera soggetti a discussioni etiche.
L'insegnamento tratterà i segenti argomenti:
1. Processi biotecnologici.
2. Il concetto di Bioraffineria.
3. Feedstocks e substrati.
4. Downstream processes.
5. Produzione di biomassa microbica.
6. Produzione di Biocarburanti.
7. Cibi e bevande.
8. Single Cell protein & Precision Fermentation.
9. Produzione di chemical platforms.
10. Enzimi e conversioni microbiche.
11. Trattamento delle acque reflue.
12. Protocolli di Screening.
13. Life cycle assessment.

## Programma esteso

1. Processi biotecnologici. Breve panoramica storica su concetti di biotecnologie industriali e come essi si applichino a processi consolidati ed in sviluppo. Overview dei differenti passaggi di un processo produttivo.
2. Il concetto di Bioraffineria. Descrizione dei principi, delle implicazioni, delle tecnologie e della connessione con il territorio. Verranno altresì elencate e spiegate le diverse generazioni di biomasse.
3. Feedstocks e substrati. Quali sono I substrati maggiormente utilizzati nei bioprocessi industriali? Quali possono essere considerati per il futuro? Quali disponibili? Pro e contro, e considerazioni economiche e di sostenibilità.
4. Downstream processes. Principi per la separazione e purificazione dei prodotti di interesse, compresa la descrizione dei macchinari industriali, dal momento della fine della fermentazione fino alla formulazione finale.
5. Produzione di biomassa microbica. Il lievito per la panificazione. Single cell proteins. Descrizione dei processi

produttivi, dalla preparazione dei terreni di crescita fino alla formulazione dei prodotti per la vendita. Considerazioni ed implicazioni.
6. Produzione di Biocarburanti. Presentazione delle diverse classi (etanolo, butanolo, biodiesel, etc) e generazioni (prima, seconda, terza) di biocarburanti che possono essere prodotti attraverso fermentazione microbica e descrizione dei processi in essere.
7. Cibi e bevande. Importanza delle fermentazioni microbiche per la produzione di cibi e bevande. Ed esempi di processi. Case study: produzione della birra.
8. Single cell protein & Precision fermentation. Case study e prospettive di sostenibilità.
9. Produzione di chemical platforms.
10. Enzimi e conversioni microbiche. Come possono essere prodotti gli enzimi? Come la loro produzione può rendere più vantaggiose altre produzioni microbiche? Case study: antibiotici semisintetici.
11. Trattamento delle acque reflue e produzione di biogas. Principi, tecnologie e possibili migliorie ai processi in essere.
12. Protocolli di Screening. Principi generali e case study che possono esemplificare il potenziale che I protocolli di screening hanno nella identificazione e sfruttamento della biodiversità, naturale ed indotta attraverso ingegnerizzazioni mirate.
13. Life cycle assessment. Principi ed esempi.

## Prerequisiti

Prerequisiti: conoscenze di base di Chimica Generale e Organica, Chimica Biologica e Microbiologia.
Propedeuticità generali: lo studente può sostenere gli esami del terzo anno dopo aver superato tutti gli esami del primo anno di corso.

## Modalità didattica

Le lezioni si svolgeranno in presenza, attraverso la proiezione di slides, video, esercizi condivisi, problematiche discusse in gruppi di lavoro.
In particolare, il corso sarà composto da 42 ore di lezioni frontali erogate in 21 lezioni da 2 ore costituite da:

- una parte (circa 2/3 delle lezioni, corrispondenti a 28 ore) in modalità erogativa (didattica erogativa, DE) focalizzata sulla presentazione-illustrazione di contenuti, concetti, principi scientifici, ma al cui interno non mancano mai dei momenti di didattica interattiva determinati da estemporanee domande rivolte ai corsisti/e o a richiesta di necessità di chiarimenti. In particolare, il docente tende ad incoraggiare domande che possano permettere di creare approfondimenti interdisciplinari.
- una parte in modalità interattiva (didattica interattiva, DI, circa 1/3 delle lezioni, corrispondenti a 14 ore), che prevede
  a) 1 esercizio di flipped class impostato sul concetto cardine del corso, la bioraffineria. L'esercizio sarà spiegato compiutamente in aula, non prevede uno studio approfondito, ma una comprensione dei concetti illustrati nelle lezioni svolte, e un lavoro di gruppo in cui la presentazione di un case study deve essere limitata ad un numero prestabilito di slide e di tempo che rispondano a delle domande guidate. Tra i corsisti si individua un chair, che tiene il tempo delle presentazioni e modera le domande che il resto dei corsisti/e è invitato a fare. Gli esempi, eventualmente opportunamente corretti, vengono anche messi a disposizione tra il materiale del corso. Questo esercizio è molto importante per l'acquisizione di competenze, verificata poi nell'esame finale.
  b) Almeno una lezione verrà eseguita con la partecipazione di un ospite esterno, operante in una azienda biotecnologica, nella maggior parte dei casi in presenza. Questo consente ai corsisti/e di verificare la necessità sul territorio di figure in grado di operare nel campo della innovazione biotecnologica ed eventualmente fare domande rispoetto al proprio profilo professionale futuro.

L'insegnamento è tenuto in lingua italiana.

## Materiale didattico

Il materiale presentato durante le lezioni (slide e articoli scientifici, siti web) è disponibile alla pagina e-learning dell'insegnamento., insieme alla registrazione delle lezioni

Libri di testo suggeriti:
- Biotecnologie Microbiche (Donadio, Marino Casa Editrice AMBROSIANA)
- Microbiologia Industriale (Manzoni, Casa Editrice AMBROSIANA)
- Industrial Microbiology: An Introduction (Waites, Morgan, Rockey, Higton, Blackwell Science)
- Biorefineries: Industrial Processes and Products (Kamm, Gruber, Kamm Casa Editrice: Wiley-VCH)
- Encyclopedia of Bioprocess Technology (Flickinger, Drew Casa Editrice: Wiley Interscience)
- Brock – Biologia dei Microrganismi (Madigan, Martinko, Stahl, Clark – Casa Editrice PEARSON)
- Articoli scientifici ed approfondimenti forniti durante le lezioni

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo semestre

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

La verifica delle conoscenze apprese verrà effettuata mediante una prova d’esame orale. Durante la prova, lo studente dovrà presentare un articolo scientifico scelto tra un gruppo di articoli suggeriti quale approfondimento alle lezioni svolte, presentandolo nel contesto di rigerimento ed illustrando obiettivi e principali scoperte. Alcuni risultati verranno presi come spunto epr approfondimenti. A seguire, domande più specifiche, che richiedono risposte concise ma esaustive, completano l’esame.

## Orario di ricevimento

Ricevimento: su appuntamento, previa e-mail al docente, oppure in persona, prima o dopo la lezione

## Sustainable Development Goals

SCONFIGGERE LA FAME | ACQUA PULITA E SERVIZI IGIENICO-SANITARI | ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE | LAVORO DIGNITOSO E CRESCITA ECONOMICA | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI | CONSUMO E PRODUZIONE RESPONSABILI | LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO | PARTNERSHIP PER GLI OBIETTIVI