

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

OTTIMIZZAZIONE E CONTROLLO DELLA PRODUZIONE DI BIOMASSE ALGALI IN FOTOBIOREATTORI OUTDOOR E INDOOR

Optimization and control of algal biomass production in outdoor and indoor photobioreactors

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	LM Biotecnologie agrarie
Codice	8069014	Canale	Unico
CFU	4	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Roberta Congestri

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze sui principi biologici, fisiologici, tecnologici e gestionali alla base della produzione controllata di biomasse algali in sistemi di coltivazione indoor (fotobioreattori). Il corso approfondisce il funzionamento dei fotobioreattori, la selezione delle condizioni operative e il monitoraggio dei principali parametri che regolano crescita, produttività e qualità della biomassa algale, con particolare riferimento a macroalghe, microalghe, cianobatteri. Saranno trattati i fattori ambientali e di processo che influenzano l'efficienza fotosintetica, l'accumulo di metaboliti di interesse biotecnologico e la stabilità delle colture, inclusi luce, temperatura, disponibilità di carbonio, nutrienti, pH, salinità, mixing, contaminazioni e modalità di raccolta della biomassa. Particolare attenzione sarà dedicata all'ottimizzazione dei processi produttivi, al controllo della qualità, scalabilità e sostenibilità delle filiere algali per l'ottenimento di bioprodotto ad alto valore utilizzabili in campo farmaceutico, nutraceutico, mangimistico, cosmetico, agricolo ed energetico. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE: Al termine del corso, lo studente avrà acquisito conoscenze sui principi di crescita e fisiologia delle biomasse algali, sui principali sistemi di coltivazione indoor e sui parametri che influenzano la produttività dei ceppi algali e la composizione stabilità biochimica della biomassa. Lo studente comprenderà il ruolo dei fotobioreattori nella produzione di biomassa, le differenze tra colture in batch, semicontinue e continue, e le relazioni tra condizioni operative, efficienza fotosintetica, accumulo di composti di interesse e qualità dei bioprodotto. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE: Lo studente sarà in grado di applicare le conoscenze acquisite all'analisi e alla progettazione preliminare di processi di coltivazione algale in fotobioreattori. Sarà in grado di individuare i parametri critici da monitorare, interpretare dati di crescita e produttività, confrontare diverse configurazioni impiantistiche e proporre strategie di ottimizzazione delle rese e di controllo della qualità della biomassa. Sarà inoltre in grado di valutare l'integrazione tra produzione algale, recupero di risorse, utilizzo di acque reflue o flussi
----------	---

	ricchi di nutrienti e valorizzazione della biomassa secondo approcci di economia circolare e bioraffineria. AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Il corso mira a sviluppare nello studente la capacità di valutare criticamente vantaggi, limiti e sostenibilità dei diversi sistemi di produzione algale. Lo studente sarà guidato a formulare giudizi autonomi sulla scelta di ceppi, condizioni operative e tecnologie di coltivazione in funzione degli obiettivi produttivi, delle condizioni ambientali, dei costi di processo, del rischio di contaminazione e della scalabilità. Sarà inoltre in grado di analizzare in modo critico le implicazioni ambientali, economiche e applicative della produzione di biomasse algali in sistemi controllati. ABILITÀ COMUNICATIVE: Lo studente svilupperà la capacità di descrivere e discutere in modo chiaro, coerente e scientificamente appropriato i processi di produzione, monitoraggio e controllo delle biomasse algali. Sarà in grado di utilizzare una terminologia tecnica corretta per presentare schemi di processo, parametri di coltivazione, dati sperimentali e strategie di ottimizzazione. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Lo studente acquisirà strumenti utili per approfondire autonomamente le tematiche relative alla coltivazione algale, ai fotobioreattori, al monitoraggio di processo e alla valorizzazione delle biomasse. Sarà in grado di consultare e interpretare articoli scientifici, review, protocolli tecnici e dati sperimentali, aggiornando le proprie conoscenze in un settore in rapida evoluzione e preparandosi ad affrontare successivi percorsi di studio, ricerca o applicazione professionale.
English	LEARNING OBJECTIVES: <i>The course aims to provide students with knowledge of the biological, physiological, technological, and managerial principles underlying the controlled production of algal biomass in indoor cultivation systems (photobioreactors). It explores the operation of photobioreactors, the selection of operating conditions, and the monitoring of the main parameters regulating the growth, productivity, and quality of algal biomass, with particular reference to macroalgae, microalgae, and cyanobacteria.</i> <i>Environmental and process factors influencing photosynthetic efficiency, the accumulation of metabolites of biotechnological interest, and culture stability will be covered—including light, temperature, carbon availability, nutrients, pH, salinity, mixing, contamination, and biomass harvesting methods. Particular attention will be dedicated to the optimization of production processes, quality control, scalability, and sustainability of algal supply chains to obtain high-value bioproducts for use in the pharmaceutical, nutraceutical, feed, cosmetic, agricultural, and energy sectors.</i> KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>By the end of the course, students will have acquired knowledge of the principles of growth and physiology of algal biomass, the main indoor cultivation systems, and the parameters influencing the productivity of algal strains as well as the biochemical composition and stability of the biomass. Students will understand the role of photobioreactors in biomass production, the differences between batch, semi-continuous, and continuous cultures, and the relationships between operating conditions, photosynthetic efficiency, accumulation of compounds of interest, and bioproduct quality.</i> APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>Students will be able to apply the acquired knowledge to the analysis and preliminary design of algal cultivation processes in photobioreactors. They will know how to identify critical parameters to monitor, interpret growth and productivity data, compare different plant configurations, and propose strategies for yield optimization and biomass quality</i>

	<i>control. Furthermore, they will be capable of evaluating the integration between algal production, resource recovery, the use of wastewater or nutrient-rich streams, and biomass valorization according to circular economy and biorefinery approaches.</i> MAKING JUDGEMENTS: <i>The course aims to develop the student's ability to critically evaluate the advantages, limitations, and sustainability of different algal production systems. Students will be guided to formulate independent judgements regarding the choice of strains, operating conditions, and cultivation technologies based on production objectives, environmental conditions, process costs, contamination risks, and scalability. They will also be able to critically analyze the environmental, economic, and practical implications of algal biomass production in controlled systems.</i> COMMUNICATION SKILLS: <i>Students will develop the ability to describe and discuss production, monitoring, and control processes of algal biomass in a clear, coherent, and scientifically appropriate manner. They will be able to use correct technical terminology to present process diagrams, cultivation parameters, experimental data, and optimization strategies.</i> LEARNING SKILLS: <i>Students will acquire useful tools to independently deepen their knowledge of topics related to algal cultivation, photobioreactors, process monitoring, and biomass valorization. They will be able to consult and interpret scientific articles, reviews, technical protocols, and experimental data, updating their knowledge in a rapidly evolving sector and preparing themselves to face subsequent pathways in study, research, or professional applications.</i>
--	---

PREREQUISITI

Italiano	Conoscenze di base di botanica e fisiologia vegetale e principi generali di ecologia acquatica. Sono utili conoscenze preliminari di chimica generale e biochimica, con particolare riferimento a fotosintesi, metabolismo del carbonio e assimilazione dei nutrienti.
English	<i>Basic knowledge of botany, plant physiology and general principles of aquatic ecology. Preliminary knowledge of general chemistry and biochemistry is useful, with particular reference to photosynthesis, carbon metabolism and nutrient assimilation.</i>

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Introduzione alla produzione di biomasse algali di microalghe, inclusi cianobatteri, potenzialità produttive e biotecnologiche. Principi di fisiologia della crescita algale: fotosintesi, efficienza fotosintetica, assorbimento di nutrienti, metabolismo del carbonio e accumulo di composti di interesse. Sistemi di coltivazione indoor e outdoor: fotobioreattori chiusi, tubolari, flat-panel, air-lift, colonne a bolle, sistemi in batch, semicontinuo e continuo; vasche raceway e sistemi aperti. Confronto tra sistemi indoor a condizioni controllate e sistemi outdoor soggetti a variabilità di luce, temperatura e contaminazione (8 ore). Parametri di processo e strategie di controllo: intensità luminosa, fotoperiodo, spettro luminoso, temperatura, pH, salinità, CO₂, aerazione, mixing, nutrienti, densità cellulare, contaminazioni biologiche, stress controllati e condizioni di scale-up. Monitoraggio della crescita e della produttività: conta cellulare, densità ottica, peso secco, fluorescenza della clorofilla, produttività volumetrica e areale, composizione biochimica della biomassa (4 ore). Ottimizzazione della produzione: selezione dei ceppi, adattamento delle condizioni di coltura, strategie di massimizzazione della biomassa e/o di specifici metaboliti, gestione della fase di raccolta e mantenimento della qualità del prodotto. Aspetti di sostenibilità, uso
----------	--

	di reflui o acque ricche di nutrienti, recupero di CO₂, consumo energetico e integrazione con processi di bioraffineria (4 ore). Applicazioni delle biomasse algali: alimentazione umana e animale, nutraceutica, cosmetica, farmaceutica, biostimolanti, acquacoltura, depurazione delle acque, bioenergia, biomateriali e molecole ad alto valore aggiunto. Casi studio su impianti indoor e outdoor e discussione critica di articoli scientifici e dati sperimentali (8 ore).
English	<i>Introduction to algal biomass production: microalgae, cyanobacteria and main groups of applied interest; biotechnological, environmental and production potential. Principles of algal growth physiology: photosynthesis, photosynthetic efficiency, nutrient uptake, carbon metabolism and accumulation of compounds of interest. Indoor and outdoor cultivation systems: closed, tubular, flat-panel and bubble-column photobioreactors; batch, semi-continuous and continuous systems; raceway ponds and open systems. Comparison between indoor systems under controlled conditions and outdoor systems exposed to variability in light, temperature and contamination (8 hours).</i> <i>Process parameters and control strategies: light intensity, photoperiod, light spectrum, temperature, pH, salinity, CO₂, aeration, mixing, nutrients, cell density, biological contamination, controlled stress and scale-up conditions. Monitoring of growth and productivity: cell counting, optical density, dry weight, chlorophyll fluorescence, volumetric and areal productivity, and biochemical composition of the biomass (4 hours).</i> <i>Production optimization: strain selection, adaptation of culture conditions, strategies for maximizing biomass and/or specific metabolites, harvesting management and maintenance of product quality. Sustainability aspects, use of wastewater or nutrient-rich streams, CO₂ recovery, energy consumption and integration with biorefinery processes (4 hours).</i> <i>Applications of algal biomass: food and feed, nutraceuticals, cosmetics, pharmaceuticals, biostimulants, aquaculture, wastewater treatment, bioenergy, biomaterials and high-value molecules. Case studies on indoor and outdoor production plants and critical discussion of scientific papers and experimental data (8 hours).</i>

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Testi adottati e materiale didattico: - Richmond, A. & Hu, Q. Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology. Wiley-Blackwell. - Borowitzka, M. A., Beardall, J. & Raven, J. A. The Physiology of Microalgae. Springer. - Materiale didattico fornito dal docente, protocolli tecnici, articoli scientifici e review recenti
English	<i>Adopted texts and teaching material:</i> - Richmond, A. & Hu, Q. Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology. Wiley-Blackwell. - Borowitzka, M. A., Beardall, J. & Raven, J. A. The Physiology of Microalgae. Springer. - Teaching material provided by the lecturer, technical protocols, recent scientific papers and review

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Lezioni frontali in presenza, integrate da analisi di casi studio, discussione di articoli scientifici.
English	<i>Classroom lectures, integrated with case-study analysis, discussion of scientific papers.</i>

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	La frequenza e' facoltativa, ma fortemente consigliata in considerazione del carattere applicativo e multidisciplinare del corso.
English	<i>Attendance is not mandatory but strongly recommended due to the applied and multidisciplinary nature of the course.</i>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

- ☐ Prova scritta
 ☒ Prova orale
 ☐ Prova di laboratorio
 ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere
 ☐ Valutazione di progetto
 ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Roberta Congestri, Saverio Savio

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	L'esame consiste in un colloquio orale volto a verificare il livello di conoscenza degli argomenti trattati e la capacita' dello studente di collegare aspetti biologici, tecnologici e applicativi della produzione di biomasse algali. La prova potra' includere la discussione di un caso studio o di un articolo scientifico. Per superare l'esame occorre riportare una votazione non inferiore a 18/30. La valutazione terra' conto della correttezza e completezza delle conoscenze, della capacita' di interpretare dati sperimentali e parametri di processo, dell'autonomia di giudizio nel confronto tra differenti sistemi produttivi e della proprieta' del linguaggio scientifico. 18-21: conoscenza sufficiente dei concetti di base, con linguaggio generalmente corretto; 22-25: conoscenza adeguata e capacita' di collegare i principali argomenti; 26-29: conoscenza completa e ben organizzata, con capacita' di applicare e rielaborare autonomamente i contenuti; 30-30 e lode: conoscenza approfondita, capacita' critica elevata, esposizione rigorosa e originale, applicazione dei concetti a casi complessi o situazioni nuove.
English	<i>The exam consists of an oral interview aimed at assessing the student's knowledge of the topics covered and the ability to connect biological, technological and applied aspects of algal biomass production. The exam may include the discussion of a case study or scientific paper.</i> <i>To pass the exam, students must obtain a grade of at least 18/30. The evaluation will take into account the correctness and completeness of knowledge, the ability to interpret experimental data and process parameters, independent judgement in comparing different production systems and the appropriate use of scientific language.</i> <i>18-21: sufficient knowledge of basic concepts, with generally correct terminology; 22-25: adequate knowledge and ability to connect the main topics; 26-29: complete and well-organized knowledge, with the ability to apply and independently re-elaborate the contents; 30-30 cum laude: in-depth knowledge, strong critical ability, rigorous and original presentation, and application of concepts to complex cases or new situations.</i>