

Lærervejledning: Biomanufacturing

Beskrivelse af undervisningsmaterialet

Undervisningsmaterialet omhandler biomanufacturing og har fokus på de centrale processer inden for biomanufacturing. Materialet belyser både fordele og ulemper ved biomanufacturing samt de tekniske, og økonomiske overvejelser, der er nødvendige for at kunne planlægge og gennemføre biomanufacturing i praksis. Undervisningsmaterialet er udarbejdet med henblik på at give eleverne en grundlæggende forståelse af, hvad biomanufacturing er, hvilke processer der indgår i biomanufacturing, samt hvilke fordele og ulemper der er forbundet med de forskellige trin. I denne sammenhæng er der også udviklet teoretiske opgaver og multiple choice opgaver til hvert trin i biomanufacturing processen for at understøtte elevernes forståelse. Derudover findes en større teoretisk valgfri opgave på tværs af alle afsnit, som kan afsluttes med gruppepræsentationer, disse kaldes *case opgaver*. Formålet med disse er, at eleverne får friere rammer til selv at planlægge og designe en biomanufacturingproces.

Anvendelse

Undervisningsmaterialet er struktureret som et progressivt forløb, der følger hele biomanufacturing processen, fra ide-generering og produktvalg til industriel produktion og bæredygtig evaluering. Forløbet består af teoretiske afsnit, figurerer, delopgaver og case eksempler. For maksimalt fagligt udbytte anbefales det at læses i den rækkefølge, de er opgivet i.

Dækket kernestof

Bioteknologi A (HTX)- jf, læreplan Bioteknologi A HTX 2017:

- Mikrobiologi (vækstmodeller, vækstfaktorer)
- Makromolekyler (Egenskaber og biologisk funktion af carbohydrater, lipider, proteiner og nucleinsyrer)
- Genteknologi (Gensplejsning)
- Eksperimentelle metoder (celledyrkning, elektroforese, bestemmelse af netto- og bruttoproduktion, spektrofotometri, chromatografi)

Biologi B (HTX) - jf, vejledning til biologi B og C HTX 2022:

- Mikrobiologi (vækstmodeller, vækstfaktorer)
- Genetik og molekylærbiologi (Genteknologi)

Biologi A (STX)- jf. vejledning til biologi A, B og C STX 2023:

- Mikrobiologi (vækst, vækstfaktorer)

- Makromolekyler (biologisk funktion af carbohydrater, lipider og nucleinsyrer og proteiners struktur, specifikke egenskaber og funktioner)
- Genetik og molekylærbiologi (Gentechnologi)
- Eksperimentelle metoder (celledyrkning, elektroforese, bestemmelse af netto- og bruttoproduktion, spektrofotometri, chromatografi)

Biologi B (STX)- jf. vejledning til biologi A, B og C STX 2023:

- Mikrobiologi (vækst, vækstfaktorer)
- Genetik og molekylærbiologi (Gentechnologi)

Dækket supplerende stof

Bioteknologi A (HTX)- jf. læreplan Bioteknologi A HTX 2017:

- Bæredygtig energi- og fødevarerproduktion
- Bioteknologisk anvendelse af både virus, mikroorganismer, planter og dyr
- Miljøteknologi
- Ny forskning og nye bioteknologiske metoder

Biologi B (HTX)- jf. vejledning til biologi B og C HTX 2022:

- Biologisk produktion
- Bæredygtighed
- Miljøbeskyttelse

Indholdsbeskrivelse

Alle teoridele ligger som et samlet forløb og kan findes på hjemmesiden. Overskrifterne for teori dele i det følgende svarer til undersiderne på forløbet. Tallet efter ”case opgave” og ”selvtest” indikerer hvilke teoridele, der dækkes.

Generelt om case opgaver: Case opgaverne kan laves ud fra to principper; 1) de kan laves som principper og tankeeksperimenter eller 2) de kan laves til en research opgave, hvor eleverne skal finde specifikke eksempler på casen. Dette kan læreren selv vurdere, men vi anbefaler især mulighed 2 til stærke elever, da det kræver et større overblik over materialet og en større arbejdsbyrde. Hvis case opgaverne skal fylde mindre, ville vi anbefale mulighed 1 som tankeeksperiment. Her er det nok for eleverne at tænker sig til f.eks. at de vil lave en deletion af et gen, der ikke er essentiel, hvorimod man i mulighed 2 ville skulle research og prøve at finde et specifikt gen til deletionen.

Teori 1: Biomanufacturing vs traditionelle produktionsmetoder

Dette afsnit giver en introduktion til, hvad biomanufacturing er, samt hvilke fordele der er ved at anvende biomanufacturing sammenlignet med traditionelle produktionsmetoder.

Teori 2: Identificering af produkter til biomanufacturing

Der gennemgås de metoder, der kan anvendes til at identificere et produkt til biomanufacturing, samt de forskellige produkttyper, der findes inden for området. Endelig præsenteres de metoder, der anvendes til at karakterisere produkter produceret ved hjælp af biomanufacturing, med fokus på analyse af produktets kvalitet og egenskaber.

Case opgave 2: vælg dit produkt

Opgaven fokuserer på, hvordan et produkt til biomanufacturing udvælges, samt hvilke overvejelser der er forbundet med valget af et produkt. Opgaven vil give eleverne en forståelse af, hvad et biomanufacturing-produkt kan være, og hvilke faglige, tekniske og praktiske overvejelser der indgår i beslutningen om at arbejde med et bestemt produkt.

Selvtest 2: multiple choice (12 spørgsmål)

Denne multiple choice opgave har fokus på, hvordan et produkt karakteriseres inden for biomanufacturing. Opgaven retter sig mod de metoder, der anvendes til at identificere og udvælge et produkt, og har til formål at give eleverne en bedre forståelse af formålet med de enkelte metoder.

Teori 3: Organismetyper til cellefabrikker

Dette teori-afsnit giver en introduktion til, hvad en cellefabrik er, samt hvilke fordele og ulemper der er ved at anvende cellefabrikker i biomanufacturing. Afsnittet giver også en oversigt over de forskellige typer af cellefabrikker, der findes, og gennemgår de enkelte typers fordele og ulemper.

Teori 4: Valg af cellefabrik

Her introduceres forskellen mellem konventionelle og ikke-konventionelle cellefabrikker, med særligt fokus på de ikke-konventionelle cellefabrikker. Her gennemgås de forskellige trin i udviklingen af en ikke-konventionel cellefabrik, samt de centrale overvejelser, der er nødvendige for at vælge den rette cellefabrik til en given produktion.

Case opgave 3+4: vælg din cellefabrik

Opgaven fokuserer på, hvordan den rette cellefabrik til biomanufacturing udvælges. Opgaven vil give eleverne en forståelse for hvilke faglige, tekniske og praktiske overvejelser, der indgår i beslutningen om at arbejde med en bestemt organisme som cellefabrik.

Selvtest 3+4: multiple choice (5 spørgsmål)

Denne multiple choice opgave har fokus på udvælgelsen af den rette cellefabrik samt de forskellige fordele og ulemper ved de forskellige typer af cellefabrikker. Opgaven skal give eleverne en bedre

forståelse af, hvilke cellefabrikker, der findes, samt hvilke overvejelser der indgår i valget af den rette cellefabrik.

Teori 5: Optimering af en cellefabrik

Dette afsnit giver en introduktion til, hvad optimering er, og hvorfor det er nødvendigt at genetisk optimere en cellefabrik. Derudover gennemgås centrale produktivetsparametre i forbindelse med optimering. Afsnittet introducerer også metoder, der kan anvendes til at forbedre og tilføje ønskede egenskaber til en cellefabrik.

Case opgave 5: optimer din cellefabrik

Opgaven fokuserer på, hvordan man optimerer en produktionscelle ved at identificere en begrænsning i den valgte cellefabrik samt undersøge, hvilke ingeniørmæssige løsninger, der findes for at forbedre denne begrænsning. Opgaven skal give eleverne en forståelse af, hvordan rational design og ingeniørmæssige metoder kan anvendes til at forbedre en cellefabrik og løse konkrete problemstillinger.

Selvtest 5: scenarie opgaver (4 opgaver/spørgsmål)

Denne scenarieopgave har fokus på, hvordan en cellefabrik kan optimeres under forskellige biologiske og tekniske forudsætninger. Opgaven skal give eleverne en bedre forståelse af, hvordan forskellige komponenter samt reguleringsmekanismer påvirker produktionsprocessen, og hvordan forskellige strategier kan anvendes til at forbedre produktionen i en cellefabrik.

Teori 6: Fra laboratoriet og ud i industrien

Dette afsnit giver en introduktion til upstream processing, herunder bioreaktorer og bioreaktorudstyr samt, hvordan bioprocesser kan opskaleres. Afsnittet gennemgår de forskellige parametre, der kan påvirke processen. Derudover introduceres der til drift af en bioreaktor, hvor de forskellige driftsformer forklares, herunder batch-proces, fed-batch-proces og kontinuerlig proces.

Case opgave 6: opskalering

Denne opgave har fokus på, hvordan man går fra laboratorieniveau til produktion i stor skala inden for biomanufacturing. Opgaven giver desuden eleverne indsigt i de forskellige driftsformer af bioreaktor og de centrale udfordringer ved opskalering, såsom iltoverførsel, pH-kontrol, temperaturstyring, omrøring og risiko for kontaminering.

Selvtest 6: multiple choice (5 spørgsmål)

Denne multiple choice-opgave har fokus på bioreaktorer og opskalering i biomanufacturing. Opgaven vil give eleverne en forståelse af bioreaktorens funktion, de udfordringer der opstår ved opskalering, samt forskelle mellem forskellige driftsformer.

Teori 7: Bæredygtig Biproduktion

Dette afsnit giver en introduktion til, hvad biproduktion er, og hvordan bioprocesser kan gøres mere bæredygtige. Derudover introduceres der til life cycle assessment (LCA), herunder life cycle inventory (LCI) og life cycle impact assessment (LCIA). Afsnittet gennemgår desuden de parametre, der kan optimeres for at gøre biproduktion mere bæredygtig og grønnere.

Case opgave 7: gør dit produkt grønt

Denne opgave har fokus på, hvordan en biproduktionsproces kan gøres mere miljøvenlig og socialt ansvarlig. Opgaven vil give eleverne en bedre forståelse af de miljømæssige påvirkninger, som bioprocesser medfører, samt de forskellige tilgange og metoder, der findes til at reducere og forbedre disse påvirkninger.

Selvtest 7: multiple choice (5 spørgsmål)

Denne multipel choice opgave, har fokus på de forskellige ressourcer, der anvendes i biproduktion, og hvordan de kan påvirke miljøet. Opgaven vil give eleverne indsigt i de miljømæssige påvirkninger, som biproduktion medfører, og så de forskellige strategier, der findes for at optimere biproduktion og gøre den mere bæredygtig.

Case 1: kalundborgs industrielle symbiose

Casen beskriver Kalundborgs industrielle symbiose og forklarer, kalundborgs forsøg med at gøre biproduktion mere bæredygtig ved at minimere spild og indføre en cirkulær økonomisk tilgang.

Case 2: Lignocellulose som substrat i biproduktion

Denne case handler om anvendelsen af lignocellulose som en fornybar råvare i biproduktion. Den beskriver lignocellulosens opbygning, de nødvendige forbehandlings- og enzymatiske trin for at frigøre sukkerarter samt de udfordringer, der opstår ved dannelse af inhibitoriske biprodukter. Casen fokuserer desuden på strategier til at overvinde disse inhiberinger for at gøre biproduktion mere effektiv og bæredygtig.