**Affald til bioethanol**

**– et engineering-forløb til biotek A**

|  |
| --- |
| ***Udvikl et testkit og en protokol for, hvordan kulhydratholdigt affald kan omdannes til simple kulhydratforbindelser, som efterfølgende vil kunne anvendes som substrat til en gæring og dermed ethanolproduktion.*** |

## **LÆRERVEJLEDNING**

I dette forløb skal eleverne udvikle en protokol for og et forslag til et testkit, der kan bruges til at omdanne kulhydratholdigt affald til simple kulhydratforbindelser. Disse skal efterfølgende kunne anvendes som substrat til en gæring og dermed ethanolproduktion. Eleverne arbejder dog ikke med ethanolproduktionen, men kun med nedbrydelsen af affaldet.

Grupperne kan enten fremlægge deres arbejde og produkt i en skriftlig aflevering eller som en mundtlig præsentation. Fx kan klassen afholde i en poster session på en tænkt konference og på den baggrund diskutere hinandens ideer og produkter.

**Forløbsbeskrivelse**

* Fag: Bioteknologi A
* Antal lektioner: 7-9 moduler á 1,5 time
* Kernestof, supplerende stof (fra læreplanen):
  + organisk kemi: stofkendskab, herunder navngivning, opbygning, egenskaber og isomeri, og anvendelse for stofklasserne alkoholer, carboxylsyrer, samt opbygning af og relevante egenskaber for stofklasserne carbonhydrider, aldehyder, ketoner
  + makromolekyler: opbygning, egenskaber og biologisk funktion af carbohydrater, enzymer
  + redoxreaktioner, herunder anvendelse af oxidationstal
  + organiske reaktionstyper: kondensation og hydrolyse
  + enzymer: funktionsoptimum
  + biokemiske processer: gæring
* Apparatur og materialer til rådighed i laboratoriet:
  + Kulhydratholdigt affald fra husholdningen (elever tager selv med). Eleverne arbejdede med kaffegrums, frugtskræller, brød, kålstokke, kartoffelskræller.
  + Findeling og homogenisering af kulhydratholdigt affald:
    - Knive og skærebræt
    - Foodprocessor
    - Stavblender
    - Rivejern
    - pH puffere
  + Glucosemåler (f.eks. Glucomen Areo: 1,1-33,3 mmol/L) med tilhørende sticks
  + Reagenser
    - Enzymer: Xylanase, Fungamyl, Pectinex, Lipolase
    - Benedicts reagens, Fehlings væske, HCl 4M, pH-papir
  + Glasvarer: Reagensglas, stativer, bægerglas, spatler, tragte, filtrerpapir, trefødder, bunsenbrænder, keramiknet, læderlapper (varmesikring)
  + Vandbad
* Baggrundsstof: Bioteknologi A, bind 1, kap 3, s. 79-84 og kap. 5 s. 109-118
* Læsestof: Bioteknologi A, bind 1, kap. 5 s. 118-130 og bind 2, kap. 6 s. 168-180

|  |
| --- |
| **Supplerende links om nedbrydning af kulhydrater**  Fra halm til alkohol:  <https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/tema/an3-2005halm.pdf>  Biotech Academy:  <https://www.biotechacademy.dk/undervisning/gymnasiale-projekter/halm-til-bioethanol/lignocellulose/>  Temaer fra Biotech Academy: Enzymer og brødbagning, Ølbrygning  Ekstramateriale til research:  <https://www.foedevarestyrelsen.dk/SiteCollectionDocuments/Foder/Landbrug/Foder/Liste%20over%20biprodukter%20-%20rev%2018-06-2012.pdf>  <https://www.foedevarestyrelsen.dk/Publikationer/Alle%20publikationer/2012901.pdf> |

**Lærerforberedelser:**

* Bestilling af enzymer fra Novozymes (leveres gratis)
* Indkøb af glukosesticks og evt. glukosemåler (til diabetikere). Vi anvendte Glucomen Areo Sensor.
* Indkøb af Benedicts reagens
* Fortynding af enzymer, så eleverne får brugsopløsninger.

**Udfordring og narrativ:**

I mange husholdninger, virksomheder, offentlige institutioner, skoler osv. er der store mængder kulhydratholdigt affald, som enten smides ud i restaffald eller biologisk affald, hvor det blandes med andre typer organisk affald. Hvis det kulhydratholdige affald i stedet kan nedbrydes til simple kulhydratholdige forbindelser (mono- og disakkarider) vil det kunne anvendes til produktion af bioethanol, som efterfølgende kan anvendes til brændstof lokalt. Eleverne skal dog kun arbejde omsætningen fra kulhydratholdigt affald til simple kulhydrater, ikke med den videre gæring fra ethanol.

|  |
| --- |
| Eleverne skal på baggrund af undersøgelser i laboratoriet udvikle et testkit og en protokol for, hvordan kulhydratholdigt affald kan omdannes til simple kulhydratforbindelser. De simple kulhydratforbindelser skal kunne anvendes som substrat til en gæring og dermed ethanolproduktion.  Det kulhydratholdige affald skal kunne omdannes lokalt til et brugbart produkt.  Testkittet skal indeholde alt nødvendigt til forbrugeren.  Protokollen vedlægges testkittet og skal bla. indeholde vejledning i dimensionering, koncentrationer og andre relevante elementer. |

*Andre spørgsmål til eleverne:*

* Hvad skal anvendes?
* Hvordan skal det bruges?
* Er der praktiske og sikkerhedsmæssige foranstaltninger?
* Fokus i dette forløb er udelukkende omdannelsen af fra organisk kulhydratholdigt affald til simple kulhydratforbindelser, vi arbejder ikke med ethanolproduktionen.

Eleverne skal under deres arbejde føre logbog samt lave en afrapportering (enten fremlæggelse eller afleveringsopgave.

**Naturvidenskabelige undersøgelser og laboratoriearbejde**

Overordnet arbejdede eleverne med følgende undersøgelser:

* Enzymatisk nedbrydelse af komplekse kulhydrater
* Detektion af reducerende sukkerarter
* Variation af temperatur, pH, koncentration
* Kontrolforsøg og variabelkontrol

Og de udførte følgende praktisk arbejde i laboratoriet:

* Findeling af affald
* Homogenisering af kulhydratholdigt affald
* Afvejning (1-2 g pr. prøve)
* Opløsning af prøve i vand, evt. regulering af pH.
* Måling af glucoseindhold før enzymatisk nedbrydning, justering af volumen.
* Enzymatisk nedbrydning (start med ca. 100 ul enzymopl.)
* Inkubér prøven med enzymet. Evt. ved flere temperaturer (vandbad)
* Filtrér blandingen (kaffefilter).
* Detektion af glukose: filtratet analyseres herefter med glucose sticks. Evt. fortyndes blandingen til detektionsområdet.
* Detektion af glukose: Benedicts reagens 5 ml reagens til 8 dråber prøve. Reagenset blev afprøvet, men viste sig at være uegnet til farvede uklare opløsninger.

**Engineering-didaktik:**

EDP-modellen blev præsenteret ved projektets start. Vi gennemgik de enkelte faser med en power point-præsentation og forklarede, hvad faserne indebar. Vi brugte magneterne med EDP-modellen, som vi satte op på tavlen og talte ved hvert modul, om hvilken fase eleverne arbejde i. Vi brugte struktureret idé-generering og udvælgelse i de første faser.

Brug af logbog var en del af opgaven. Eleverne skrev logbog efter hvert modul om deres beslutninger og kiggede i den ved næste moduls start. Undervejs i projektet havde vi lærere i høj grad en vejlederrolle, hvor vi talte med de enkelte grupper om deres proces. Kun i starten af hvert modul havde vi kort fælles intro.

Vi har kørt forløbet med 2 biotek A-hold, hhv. 2.g og 3.g:

2g: Eleverne har været undervist lidt i kulhydratnedbrydning i NV, har haft noget om enzymers funktion og fremstilling af bioethanol før forløbet. Opbygningen af komplekse kulhydrater tilegnede de sig undervejs i projektet. Praktisk anvendelse af enzymer var nyt stof, som kom til i løbet af projektet. Eleverne havde stor gavn af at prøve selvstændigt laboratoriearbejde.

3.g: Eleverne har tidligere haft undervisning i de fagfaglige elementer, der er nødvendige for at arbejde med projektet, derfor har det faglige karakter af repetition. Selve det at arbejde selvstændigt med et projekt, at planlægge og at udføre laboratoriearbejde knyttet til projektet var nyt for eleverne og det fik de stort udbytte af.

### **Lektionsplan for engineering-forløbet Affald til bioethanol:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Modul** | **EDP-fase** |
| **1** | **Narrativ**  **Udfordring**  **Forstå** |
| **2** | **Metode**  Forstå udfordringen  Idégenereringen  Hvilke faglige begreber er der brug for? FITS og ... |
| **3**  *(evt. dobbeltmodul)* | **Konkretisere**  Laboratoriearbejde |
| **4** | **Forbedre**  Laboratoriearbejde |
| **5** | **Forbedre**  Laboratoriearbejde |
| **6** | **Konstruere** |
| **7** | **Produkt**  Testkit  Protokol  Dimensioner |
| **8** | Fremlæggelser (evt. over 2 moduler) |

**Refleksioner**

* **Udfordring og narrativ:**

Udfordring og narrativ fungerede rigtig godt, eleverne så relevansen af projektet og blev inspirerede til at gøre et stort selvstændigt arbejde, både i forhold til research, laboratoriearbejde og selve projektet.

* **Anvendelse af engineering-didaktikken i forløbet:**

Det fungerede godt at præsentere hele modellen for eleverne ved projektets start og lade dem selv bevæge sig mellem faserne efterfølgende. Særligt det selvstændige laboratoriearbejde, hvor eleverne skulle tage mange beslutninger på egen hånd, fungerede godt

* **Har I nogle andre gode råd og tips til andre lærere, der vil afprøve jeres forløb?**

Vi troede, det ville være en god ide at bruge Benedicts reagens eller Fehlings reagens til at måle glucoseniveauet i prøverne, men det virkede ikke i praksis. Målingen med glucosesticks var langt mere velegnet.

* **Konkrete bearbejdninger og optimeringer af det afprøvede tiltag mhp. næste gang aktiviteten eller forløbet tænkes brugt:**

Forløbet fungerede rigtig godt i begge klasser, men er meget tidskrævende. Dette er et problem i forhold til de formelle læreplanskrav til faget. I forvejen er læreplanen for bioteknologi meget omfangsrig og problematisk at nå i forhold til den berammede undervisningstid. Forløbet kan dog afvikles på 6-7 moduler, og inden for den ramme fungerer det godt.

De forsøg der indgår i forløbet kan nogenlunde afvikles på et modul (1,5 time), dvs. det kan lade sig gøre at køre forløbet i almindelige moduler, der er fordelt på moduler over et par uger.

**Kreditering**   
Anne Winther Jørgensen (AJ), [aj@aurehoej.dk](mailto:aj@aurehoej.dk)

Anders Lemvig (Le), [le@aurehoej.dk](mailto:le@aurehoej.dk)

Lise Daugaard (LD), [ld@aurehoej.dk](mailto:ld@aurehoej.dk)

**ELEVVEJLEDNING – *se dokumenterne***

* Powerpoint: Elever-Biobraendstof-Metodepraesentation
* Powerpoint: Elever-Biobraendstof-Narrativ-udfordring-produktkrav
* Word-dokument: Elever-Biobraendstof-opgavebeskrivelse