

## Fra halm til bioethanol, en bioteknologisk udfordring

*Simon Guldberg Poulsen, version 6.0 (23/8 2008)*

### Spørgsmål og opgaver

I det følgende gives en liste af spørgsmål og opgaver, som der kan arbejdes med som en del af projektet. Diskussion og besvarelse af disse spørgsmål og opgaver kan indgå i en mundtlig præsentation eller rapport.

#### Teoretiske spørgsmål

Hvad betyder det, at en mikroorganisme er termofil? Hvilke fordele kunne der være ved at anvende en sådan organisme?

Hvordan vil fremtidens samfund se ud? Er der energi nok til at opretholde vores levestandard og forbedre den i u-landene? Er der energi nok til 6 milliarder mennesker?

Prøv at liste alle ikke-fornybare og fornybare ressourcer, tænk bredt og kreativt. Hvilke ressourcer mener du, vil have væsentligst betydning over de kommende 10 år? 40 år?

Kan du identificere problemer som opstår ved brug af korn og majs til bioethanolproduktion? Hvorfor kan sukkerrør ikke anvendes til bioethanolproduktion i fx Danmark?

Under hvilke omstændigheder kan brugen af landbrugsprodukter med rimelighed anvendes til produktion af bioethanol?

Læs artiklen om gensplejsning og bioethanol med Birger Lindberg Møller fra Københavns Universitets Biovidenskabelige Fakultet samt artiklen om xylanase gener i bakterier i Islands varme kilder. Prøv at overveje, hvilke muligheder der er for gensplejsning af landbrugsplanter i relation til bioethanolproduktion? Hvilken type biomasse ville være optimal?

Hvad er energiafgrøder, og hvad karakteriserer dem? Hvordan kan du forestille dig, at energiafgrøder kunne bidrage til energiproduktion?

Lidt kemi: Hvad betyder det, at et stof, fx bioethanol, hæver oktantallet af benzin?

Er der forskelle mellem bioethanol og benzin som brændstof – molekylært og energimæssigt? Hvad betyder det, at bioethanol er et CO<sub>2</sub>-neutralt brændstof?

Hvilke forskelle er der mellem første- og andengenerations bioethanolanlæg? Hvilke fordele og ulemper præsenterer andengenerations anlæg, og kan du præcisere netop hvori den helt store udfordring ligger ved andengenerations anlæg?

Hvad kunne lignin anvendes til, såfremt det ikke brændes? Prøv at finde information om et koncept kaldt et bioraffinaderi (biorefinery).

Ud over som primær energikilde i transportsektoren har olien også andre vigtige anvendelser. Diskutér disse anvendelser. Hvorfra og hvordan kan disse materialer fremstilles såfremt/når olien bliver for dyr?

Hvilke andre fornybare resurser er der ud over biomasse? Hvilken betydning ser du disse ressourcer have i dag og i fremtiden? Er biomasse en relevant/interessant/nødvendig energikilde for fremtiden – hvorfor, hvorfor ikke?

Hvilken proces i vores ende af Universet er den primære energikilde? Prøv at formulere betydningen af denne energikilde ift. 1) brugen af fossile brændsler, 2) brugen af fornybare ressourcer.

## Spørgsmål til øvelsen

Hvordan ser kurverne ud for den enzymatiske hydrolyse og fermenteringen? Virkede enzymerne? Kunne gæren leve på hydrolysatet? Er der nogle overraskende ting at bemærke?

Sammenlign den maksimale glukose koncentration i celle F14 (siden *Beregninger*, *Dataark.xls*) med den højeste målte glukose koncentration under den enzymatiske hydrolyse. Hvor effektiv var hydrolysen?

Hvor lang tid var gæren om at anvende al glukosen?

Molmassen af glukose ( $C_6H_{12}O_6$ ) er 180 g/mol. Cellulose består af glukose, men monomeren i cellulose er  $C_6H_{10}O_5$  og molmassen af denne monomer er kun 162 g/mol. Forklar hvorfor det er sådan? Info: Polymerisationen af glukose til cellulose i planten sker ved en såkaldt kondensationsreaktion. For et hint, se siden *Beregninger*, *Dataark.xls*.

Gennemgå alle punkterne på siderne *Destillation og Beregninger* i *Dataark.xls*. Hvad er udbyttet  $Y_1$  af ethanol (g ethanol/g substrat)? Hvor stort er udbyttet i forhold til det teoretisk mulige udbytte? Og for den anden, nye beregning: Samme spørgsmål men for  $Y_{ny}$  i enheden g ethanol/g glukose.

Prøv at finde diskutere forskellige årsager til at udbyttet bliver lavt.

Prøv, i egne ord, at forklare forskellen på de to beregnede udbytter. Ikke størrelsen heraf, men hvad de "viser" om processen.

Sammenlign de to procentiske udbytter,  $Y/Y_{\max}$  (1) og  $Y/Y_{\max}$  (ny). Hvor i processen er der det største tab (af potentiel ethanol), i hydrolysen eller ved fermenteringen?

Observerede I en forskel i udbyttet af bioethanol fra halm i forhold til andre substrater? Hvilket substrat er tilsyneladende bedst, og svarer dette til forventningerne?

Hvorfor er det egentligt at man til sidst destillerer fermenteringsblandingen?

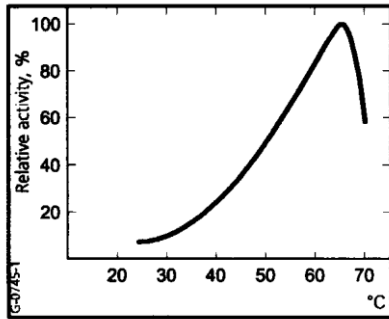
Kvalitativt set: Hvad betyder det at en ethanol-vand blanding har lav densitet, f.eks. 800 g/L?

Hvilke problemer opstod der under forsøgene? Er der nogle usikkerheder eller fejlkilder?

Hvad er gærekstrakt, og hvordan kan det tænkes at hjælpe til under fermenteringen?

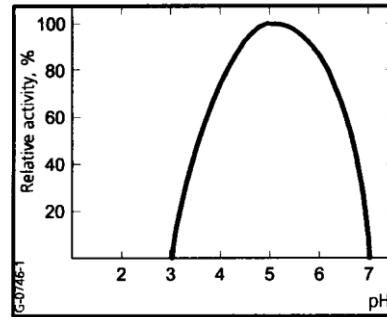
Hvilke typer af enzymer består enzymkomplekset Celluclast af? Hvordan virker Novozym 188?

Hvad består en puffer af, og hvordan virker den? Se nedenstående figurer om Celluclast. Forklar hvorfor der anvendes en puffer pH = 4,8 samt temperatur = 50 °C når halm skal hydrolyseres?



**Fig. 2. Influence of temperature on the activity of Celluclast.**

Concentration of enzyme: 0.009 EGU/ml  
pH: 4.8  
Reaction time: 20 minutes



**Fig. 1. Influence of pH on the activity of Celluclast.**

Concentration of enzyme: 0.009 EGU/ml  
Temperature: 50°C (122°F)  
Reaction time: 20 minutes