



Lærerversion (svarforslag er givet i parentes) Version 5.0 (3/11 2007)

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? (Relaterer til fermenteringen, læs artiklen om Islands varme kilder. BioGasol har fundet en termofil der fermenterer xylose ved 70C! Se <http://www.biogasol.dk/2m2.htm> Fordele: Højere enzymaktivitet, væksthastighed => større produktivitet. Og simpelthen at xylosen også omdannes til ethanol.)

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? (olien vil formentlig få mindre betydning sådan at kul (som sviner), vedvarende energikilder og atomkraft vil dominere verdens energi-produktioner i fremtiden)

Kan du identificere problemer som opstår ved brug af korn og majs til bioethanolproduktion? (mad til energi i en verden med sult + For dyrt!) Hvorfor kan sukkerrør ikke anvendes til bioethanolproduktion i fx Danmark? (geografi, temperaturer)

Under hvilke omstændigheder kan brugen af landbrugsprodukter med rimelighed anvendes til produktion af bioethanol? (Overproducerede kulhydratholdige fødevarer og energifgrøder fx på nuværende brakjord kan meget fornuftigt anvendes dertil)

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? (Lave planter der har lavt ligninindhold. Lave en plante som udtrykker enzymer til dens egen nedbrydning.)

Hvad er energiafgrøder, og hvad karakteriserer dem? Hvordan kan du forestille dig, at energiafgrøder kunne bidrage til energiproduktion? (Energiafgrøder <http://www.danbio.info/Default.aspx?ID=48> og læs artiklen Danske forskere: Bryg ethanol af havets algesuppe.)

Lidt kemi: Hvad betyder det, at et stof, fx bioethanol, hæver oktantallet af benzin? (<http://www.oil-forum.dk/Pro/Benzin/MTBE%20fri%20benzin/Faktaboks%20om%20MTBE.aspx> og <http://da.wikipedia.org/wiki/Oktantal>)

Er der forskelle mellem bioethanol og benzin som brændstof – molekylært og energimæssigt? Hvad betyder det, at bioethanol er et CO₂-neutralt brændstof? (Bioethanol = ethanol/sprit. Benzin består af en blanding af forgrenede og i mindre grad uforgrenede alkaner, dvs. mættede kulbrinter. Benzin har en højere energitæthed/brændværdi 42,7 MJ/kg end ethanol 26,8 MJ/kg, så man må bruge mere bioethanol pr. km. Men hvis motoren indstilles korrekt, og får en større brændstoftkompression, vil forskellen i brændstofforbruget pr. km blive mindre. Dog er der en løbende udvikling mod stadig mere effektive motorer. Se <http://www.biogasol.dk/3m2.htm> og http://biobil.dk/readarticle.php?article_id=11 og http://en.wikipedia.org/wiki/Gasoline-equivalent_gallon). CO₂ neutralitet <http://www.biogasol.dk/3m3.htm>.

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? (Lignocellulose er der masser af og det er et billigt, fornybart restprodukt. Men det er svært og energimæssigt dyrt at nedbryde. Det er et meget vigtigt problem at løse for fremtiden – uanset hvad biomassen skal omdannes til)

Hvad kunne lignin anvendes til, såfremt det ikke brændes? Prøv at finde information om et koncept kaldt et bioraffinaderi (biorefinery). (Om en ny fabrik på Bornholm som åbner 2008/9 http://www.biogasol.dk/4m5_20070314.htm (brændstof piller er primært lignin), <http://www.lignin.org/whatis.html> og <http://www.nrel.gov/biomass/biorefinery.html>)

Ud over som primær energikilde i transportsektoren har olien også andre vigtige anvendelser. Diskuter disse anvendelser. (Plastic, kemikalier osv.). Hvorfra og hvordan kan disse materialer fremstilles såfremt/når olien bliver for dyr? (Plastic lavet fra 1,3-propandiol. Sukker fra majs/lignocellulose -> 1,3-propandiol ved fermentering. 1,3-propandiol polymeriseres til plastik. Se fx <http://en.wikipedia.org/wiki/1%2C3-Propanediol> og <http://www.bioplastics24.com/content/view/111/110/lang.en/>)

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? (Atomkraft (fission og fusion, ikke reelt en fornybar ressource), solenergi, vind, bølgekraft.)

Hvilken proces i vores ende af Universet er den primære energikilde? (fusion i Solen) Prøv at formulere betydningen af denne energikilde ift. 1) brugen af fossile brændsler (forsinket brug af den, ved fotosyntesen, bundne energi) 2) brugen af fornybare ressourcer (primær indfangning og brug af fotonenergi).

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? (målt konc./ (beregnet konc. i F14) er et udtryk for hvor megen glukose er frigivet i forhold hvor meget der teoretisk set er i substratet.)

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*.

(når glukose polymeriseres til cellulose i planten sker det ved en kondensationsreaktion. Dvs. at ét molekyle H_2O fjernes ved hver "påsatning" af glukose. Dermed er monomeren "glukose – vand". Når monomeren frigives fra cellulosen under hydrolysen (= vandtilsætning) adderes dette vandmolekyle igen og et frit glukose molekyle dannes. Se figur 7 under afsnittet Lignocellulose på hjemmesiden)

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.

(< **Vigtigt spørgsmål!!** A. Hydrolysen foregår ikke 100%, dvs. der er ikke-nedbrudt cellulose tilbage, og glukosen herfra er ej tilgængelig for gæren. B. Gærens leveforhold i hydrolysatet er måske ikke for gode, evt. bruger cellerne energi – og spilder dermed glukose – på at pumpe diverse stof/salte ud. Generelt har cellen maintenance udgifter. C. Estimeret på 38% cellulose kan være for højt (relaterer til A.). D Ikke al ethanol overføres ved destillationen. E. Ethanol kan fordampe under fermenteringen og under destillationen. F. Der blev taget små prøver ud hvorved der mistes glukose og ethanol.)

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

(Væsentligt at forstå! Det første udbytte er overordnet udbytte i g ethanol til slut pr. g substrat i starten. Det andet udbytte ser bort fra hydrolysen: Hvor meget glukose er der i starten af fermenteringen. Hvor meget eth kan teoretisk dannes herfra. Sammenlign med faktisk dannet eth. Dette andet udbytte siger altså kun noget om fermenteringen.)

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?

(Min tanke er at der tabes mest i hydrolysen. Altså at meget af lignocellulosen ikke nedbrydes – se spørgsmålet med * ovenfor. Hvis $Y/Y(1) \ll Y/Y(ny)$ er denne ide korrekt. Det vil betyde at fermenteringen har relativt mindre "tab" (eller er mere effektiv) end hydrolysen, eller med andre ord. Den glukose *som er tilstede* omdannes i ret høj grad til ethanol. Spørgsmålet er svært, men relevant!)

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?

(A. For at få ren bioethanol! B. For at kunne måle hvor meget ethanol der er dannet er det nødvendigt at have en mere koncentreret ethanol opløsning. Der er kun få procent ethanol i blandingen, mens masse% i destillatet er noget større.)

Kvalitativt set: Hvad betyder det at en ethanol-vand blanding har lav densitet, f.eks. 800 g/L? (det betyder at der er relativt meget ethanol i blandingen. Ethanol er lettere end vand)

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? (gærekstrakt giver blandingen proteiner og salte til cellen så den i hvert fald ikke mangler det. Hvor meget næring der er i papir/halm er uvist for mig)

Hvilke typer af enzymer består enzymkomplekset Celluclast af? Hvordan virker Novozym 188? (CBH, BG osv. Se siden Nedbrydning af lignocellulose)

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?

(Består af en svag syre og dens korrespondende base. Høj aktivitet = kortest forbehandlingstid. At der bruges 50 grader er for at undgå denaturering af enzymerne ved 62-63 grader. Hvis det sker nedbrydes der nemlig slet ingen cellulose!)

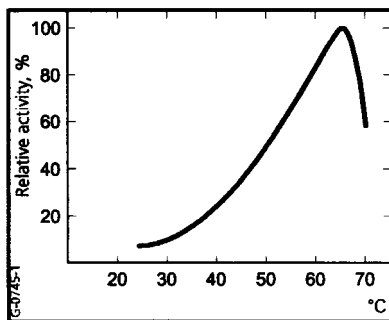


Fig. 2. Influence of temperature on the activity of Celluclast.

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

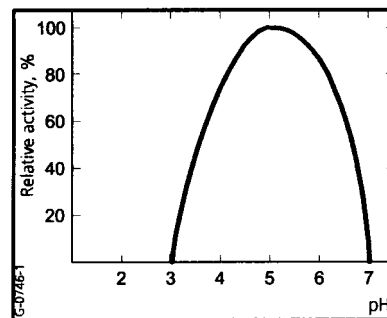


Fig. 1. Influence of pH on the activity of Celluclast.

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