

Forsøgsvejledning til produktion af biogas på energiafgrøder

Efter GRØNVISION, Risø, <http://kortlink.dk/risoe/97ft>. Tilpasset af Bent Rasmussen, Bjerringbro Gymnasium og Susanne Frydendal Nielsen og Maibritt Hjorth, Aarhus Universitet i Foulum.

Introduktion

Formålet med denne øvelse er at undersøge energiplanter som elefantgræs og halms egnethed som substrat i produktion af biogas. Det kan også undersøges om graden af forbehandling af materialerne har betydning. Der er to indgangsvinkler til forsøget: at undersøge biogaspotentialerne for forskellige typer af energiafgrøder, samt at undersøge hvorvidt der sker substratinhibering ved brug af en given type substrat.

Det er op til den enkelte lærer, om man vil udføre ét af forsøgene eller begge to. Denne vejledning giver mulighed for begge dele.

Forsøget er baseret på at man har en grundlæggende viden omkring biogasproduktion. Se evt. www.gronvision.dk. Alle organismer, der skal anvendes til produktionen af biogas, findes i det såkaldte podemateriale, som fås på AU Foulum sammen med substraterne. Podematerialet er dyrket ved 55°, og det er vigtigt, at forsøgene foregår ved denne temperatur da ”de søde små archæer” er tilpasset netop denne temperatur. Vil I lave anden form for biogASForsøg, kan podematerialet rekvireres hos ethvert biogasanlæg gratis eller for et mindre beløb.

Hypotesedannelse

Prøv i fællesskab i klassen at opstille en eller flere arbejdshypoteser om forventningen til forsøgets udfald, og lav en fælles strategi for designet af forsøget for netop at kunne bekræfte eller evt. afkræfte de(n) opstillede hypotese(r).

Formalia

Denne vejledning indeholder lister over apparatur og kemikalier samt sikkerhedsforanstaltninger ved udførelse af dette forsøg. Apparaturlisten er vejledende – dvs. at man sagtens kan finde på andre kreative løsninger i fald der skulle være noget man ikke kan skaffe. Det er altid muligt at kontakte forfatteren for råd og vejledning.

Materialer

- Laboratoriekitler
- Mindst ét par beskyttelseshandsker pr. gruppe
- Varmeskab, inkubationsrum eller vandbad (uden ryst!), indstillet til 55°.
- Latororievægt til bestemmelse af tørstofværdi
- Evt. silikone-forsegler til propperne
- Trykflaske med dinitrogen N₂

- evt. gaschromatograf

Følgende materialer er for én forsøgsopstilling. Antallet af forsøg afhænger af antallet af testsubstrater. Husk altid at inkludere en kontrolreaktion der kun indeholder podemateriale:

- 3 x 250mL glasflasker. Mindst én af flaskerne skal have volumenindikation.
- 1 gummiprop med ét hul.
- 2 gummipropper med to huller.
- 3 glasrør som passer til hullerne i gummipropperne.
- Plastikslanger som passer på glasrørene.
- 150 mL podemateriale pr. forsøg ved 55° inkubation. Det udleveres på Foulum.

Testsubstrater: Elefantgræs og halm som kan være findelt i større eller mindre grad, Desuden kan man anvende cellulose som kan skaffes fra findelte ikke blegede kaffefiltre, og sukker.

- Der skal bruges ca. 1 g volatile solids (VS) testsubstrat pr. 1 g volatile solid i podemateriale. Det antages at podematerialets VS er 2%. VS indholdet i podemateriale kan også verificeres med nedenstående ligning.
- Ved forsøg med substratinhibering kan anvendes op til 10 g tørstof organisk materiale pr. 50 mL podemateriale.

Fremgangsmåde til beregning af VS

VS er organisk stof i materialet. I forbindelse med beregning af hvor meget biomasse der skal bruges i forsøget beregnes VS i forhold til den friske biomasse, da det er frisk biomasse vi benytter til forsøget.

$$\text{Organisk stof (VS)} = \frac{\text{organisk stof}}{\text{frisk biomass}} = \frac{m_{\text{tørret biomasse}} - m_{\text{aske}}}{m_{\text{frisk biomasse}}}$$

1. Vej ca. 5-10 g biomasse*
2. Tør prøven i oven 105°C i 24 timer
3. Vej prøven
4. Sæt igen i ovnen, på 550°C i 4 timer (alternativt kan det afbrændes i digel over en bunsenbrænder)
5. Vej igen prøven

* eller ca. 50g hvis podematerialet analyseres

Sikkerhedskrav

Generelle laboratorieregler gælder ved udførelse af dette forsøg. Hvis der forefindes skabe med udsug, er det tilrådeligt at lade inkubationen foregå dér. Det anbefales endvidere at alle deltagende personer har en gældende stivkrampevaccination (tetanus). En stivkrampevaccination holder i 10 år. Undgå berøring med og indånding af podemateriale. Får man podemateriale på sig, skylles straks med vand og sæbe, evt. efterfulgt af afspritning med 70% ethanol.

Efter endt forsøg skal podemateriale og testmaterialer destrueres ved opvarmning til over 70 grader i mindst en time (eller alm. autoklaving).

Undgå at få natriumhydroxidopløsningen i øjnene. Sker det skylles omgående med meget vand og søg læge.

Se bilag for yderligere informationer om sikkerhed vedrørende podematerialer og dinitrogen.

Fremstilling af biogas

I dette forsøg vil biogasproduktionen forløbe over 2-4 uger hvor det største arbejde ligger i at sætte reaktionen i gang. Ved endt forsøg skal resultatet aflæses, og materialerne skal ryddes op og rengøres.

Princippet i dette forsøg er simpelt: Det består af tre flasker hvoraf den ene indeholder pode- og testmateriale. Når methanproduktionen starter, vil metanen (gas) bliver trykket op igennem glasrøret og over i flaske nr. 2. Trykket i denne flaske vil da trykke vandet igennem det lange glasrør over i flaske nr. 3. Vandet vil akkumulere i flaske nr. 3, og overskydende luft vil forsvinde ud af det andet glasrør.

Vandstanden i den tredje flaske vil altså stige proportionalt med methanproduktionen, og resultatet kan aflæses direkte af flasken. Det anbefales at man løbende holder øje med udviklingen. Når gasudviklingen har været stoppet i et par dage stoppes forsøget.

Det er vigtigt at alle propper og rør holder helt tæt da metanen ellers vil forsvinde. Man kan evt. forsegle propperne med silikone, men det er ikke et krav for at reaktionen kan forløbe korrekt.

Fremgangsmåde

Lav opstillingen som vist på figuren herunder:



Opstillingen skal udføres for hver ønsket reaktion. Der skal altid inkluderes en kontrolreaktion hvor der tilsættes podemateriale, men intet testsubstrat (det kunne måske være lærerens opstilling). For at undgå fejl som følge af organisk materiale i podematerialet kan podematerialet med fordel sigtes inden brug. Brug blot en almindelig køkken sigte.

1. Den første flaske, kontrolflasken, tilsættes 150 mL podemateriale.
2. Testflasken tilsættes samme volumen podemateriale samt testsubstrater.

Der er grundlæggende to forskellige sæt tests man kan køre.

a) Undersøgelse af forskellige substraters evne til at producere biogas

b) Undersøgelse af om der forekommer substratinhibering ved brug af et givet substrat.

For begge test gælder det at der skal omrøres efter biomassen er tilsat.

Det anbefales at man vælger at udføre én af ovenstående undersøgelser pr. klasse, men hvis der er mange hold, kan man vælge at lave begge undersøgelser.

Her følger en beskrivelse af hver undersøgelse.

a) Undersøgelse af forskellige substraters evne til at producere biogas

Ved denne undersøgelse skal man bruge forskellige substrater, efter klassens valgte strategi. For disse testsubstrater gælder, at der skal være et forhold på 1:1 VS i mellem substrat og podemateriale. Det kan antages at podemateriale indeholder 2% VS, hvis klassen ikke selv undersøger det.

For at kunne vurdere biogaspotentialerne af substraterne må der inkluderes en kontrol i forsøget.

Kontrollen består af en flaske med podemateriale, men intet substrat. Denne kontrol viser hvor megen (om nogen) biogas der produceres uden der er substrater i. I testflaskerne sker der altså to processer: Biogasproduktion fra podematerialet og biogasproduktion fra substratet. Man kan altså fjerne støjen fra eksperimentet ved at kende værdien for biogasproduktion fra podematerialet. Den reelle biogasproduktion fra substratet er altså differensen mellem testværdien og kontrolværdien. Der inkuberes ved 55°.

b) Undersøgelse af om der forekommer substratinhibering ved brug af et givet substrat

Ved denne undersøgelse skal man bruge det samme substrat, men i forskellige mængder.

For dette testsubstrat skal man variere mængden af substrat der tilsættes. Følgende mængder anbefales:

0,5 g substrat (tørstof) pr. 50 mL podemateriale som den laveste koncentration og 10 g substrat (tørstof) pr. 50 mL podemateriale som den højeste koncentration. De mellemliggende værdier afhænger af antallet af grupper, og det anbefales at man ikke øger koncentrationen lineært. Hvis der er fem grupper, kan man fx vælge koncentrationerne 0,5, 1, 2, 5 og 10 g TS/50 mL podemateriale.

Tørstoffet (TS) bestemmes som i forsøg a.

Ligesom ved (a) skal der inkluderes en kontrol i forsøget for at kunne vurdere biogaspotentialerne af substraterne.

Flasken ”skylles” med nitrogen i ca. et minut hvorefter proppen hurtigt sættes på. Dette gøres for at fjerne ilt fra miljøet i flasken. Mange af mikroorganismene i podematerialet er fakultativt anaerobe, og de vil enten dø eller miste deres funktion hvis der er ilt til stede.

Den anden flaske fyldes med forsuret vand (ca. 200 mL). Vandet skal forsures fordi CO₂ opløses i almindeligt vand. I kan fx tilsætte eddikesyre og løbende holde øje med pH. I kan bruge destilleret/deioniseret vand for at forhindre kalkaflejringer, men det er ikke et krav. Gummiproppen med glasrør monteres som vist på figuren. Det er vigtigt at glasrøret der går hen til den tredje flaske, når langt ned i flasken uden at røre bunden.

Den tredje flaske fyldes delvist med forsuret vand (ca. 100 mL). Gummiprop og glasrør monteres som vist på figuren. Notér startvolumen af den tredje flaske.

Inkubér flaskerne ved 55°. Inkubér gerne et sted hvor der er udsugning.

Aflæsningsfrekvensen afhænger af hvor stor biogasproduktionen er. Sandsynligvis er det nødvendigt med 1-2 aflæsninger per uge og produktionen forventes at kulminere indenfor 3-4 uger. Især de første dage kan der være stor produktion, så det er vigtigt at ofte tilse prøverne i starten.

Yderligere test

Den producerede gas kan undersøges for sammensætning i gaschromatograf. Indholdet vil antagelig være metan (CH₄), dihydrogensulfid (H₂S), carbondioxid (CO₂) og dinitrogen (N₂), sidste komponent er til stede fordi vi skyllede flasken med den.

Ønsker man i stedet at fjerne CO₂ og H₂S fra gasblandingen kan man lade væsken i midterflasken være 0,5M NaOH opløsning.

Databehandling

Volumen i måleflasken (3. flaske)

Ændring i vandstand	Start tid = 0	t=	t=	t=
kontrol	mL	mL	mL	mL
Substrat:	mL	mL	mL	mL
Substrat:	mL	mL	mL	mL
Substrat	mL	mL	mL	mL
Substrat:	mL	mL	mL	mL
Substrat:	mL	mL	mL	mL
Substrat	mL	mL	mL	mL

Beregninger

Overvej selv i klassen hvorledes i vil behandle ovenstående data.

	Mængde gas produceret (resultat - kontrol)	Mængde substrat tilsat	Biogaspotentiale
kontrol	mL	g	mL/g substrat
Substrat:	mL	g	mL/g substrat
Substrat:	mL	g	mL/g substrat
Substrat	mL	g	mL/g substrat
Substrat:	mL	g	mL/g substrat
Substrat:	mL	g	mL/g substrat
Substrat	mL	g	mL/g substrat

Hvis der er foretaget GC analyse bestem da volumen-% af de forskellige gasser.

Hvis nogle grupper har benyttet 0,5M NaOH opløsning sammenlignes med de øvrige hold og det beregnes hvor stor en del af gasblandingen som er H₂S og CO₂.

Diskussion

Diskussionen kan alt efter den opstillede hypotese indeholde en analyse af forsøgets resultater i det I da forholder jer til hypotesen. Kan der evt. opstilles en ny og fornedret hypotese.

I diskussionen bør I også komme omkring emner som den biokemiske proces som fører til dannelse af de nævnte gasser, herunder også det kvantitative indhold af gasserne. Nedbrydeligheden af substraterne diskuteres idet de sammenholdes med kendte data. Der står i ovenstående skema Biogaspotentiale, diskuter hvad det ord dækker ud fra forsøgets gennemførelse og de foretagne analyser og behandlinger af gassen. Hvad kan begrebet bruges til og hvad kan det ikke bruges til? Hvis I ser store variationer kan det være en oplagt anledning til en snak om repræsentativ udtagning af prøver. Diskuter usikkerheder og fejlkilder ved forsøget idet I rangordner dem, hvilke betyder noget, hvilke gør ikke.

Bilag

Sikkerhed vedr. podemateriale:

R2 Eksplosionsfarlig ved stød, gnidning, ild eller andre antændelseskilder.

R3 Meget eksplosionsfarlig ved stød, gnidning, ild eller andre antændelseskilder.

R18 Ved brug kan brandbare dampe/eksplosive damp-luftblandinger dannes.

R36/38 Irriterer øjnene og huden.

S7 Emballagen skal holdes tæt lukket.

S13 Må ikke opbevares sammen med fødevarer, drikkevarer og foderstoffer.

S16 Holdes væk fra antændelseskilder. Rygning forbudt.

S20 Der må ikke spises og drikkes under brug.

S24/25 Undgå kontakt med huden og øjnene.

S26 Kommer stoffet i øjnene, skylles straks grundigt med vand, og læge kontaktes.

S27 Tilsmudset tøj tages straks af.

S35 Materialet og dets beholder skal bortskaffes på en sikker måde.

S36 Brug særligt arbejdstøj (dvs. kittel, briller og handsker).

Sikkerhed vedr. nitrogen:

R20 Farlig ved indånding

S7 Emballagen skal holdes tæt lukket

S9 Emballagen skal opbevares på et godt ventileret sted

S18 Emballagen skal behandles og åbnes med forsigtighed

S23 Undgå indånding af gas