**Gæring, respiration og fotosyntese**

**Indledning:**

Fotosyntese, respiration og gæring er de tre vigtigste biologiske omsætningsprocesser. Fotosyntesen er forudsætningen for, at der kan opbygges organisk stof i planter og cyanobakterier. Denne opbygning af organisk stof er forudsætningen for energistrømmende i alle økosystemer, hvor det organiske stof bruges til vækst og som energigivende stof. Energien fra det organiske stof kan frigives enten aerobt ved respiration eller anaerobt ved gæring. Derfor er det interessant at kigge på nogle af de forhold, der har betydning for disse processer.

**Formål:**

Ved indirekte måling at påvise, at gærsvampe (S*accharomyces sp.*) under iltfrie forhold – fx i en vandig opløsning – omsætter sukker vha. gæring, og at planter har en nettorespiration i mørke, mens nettoresultatet i lys er et produkt af fotosyntesen.

**Gæring**

**Hypotese:**

Under anaerobe forhold vil gær omsætte sukker vha. gæring. Tilstedeværelsen af gær er en forudsætning for at gæringen kan forløbe.

**Teori:**

Gærsvampe (*Saccharomyces sp.*) er en encellet svamp, der primært formerer sig ukønnet vha. knopskydning. Under anaerobe forhold er dens stofskifte baseret på ethanolgæring, mens stofskiftet under aerobe forhold og med lavt sukkerniveau overvejende foregår vha. respiration. Ved begge processer dannes der CO2, der kan registreres som en afgasning fra gærbeholderen. Ved opløsning i vand dannes der kulsyre efter nedenstående reversible proces:

CO2 + H2O <=> H+ + HCO3- <=> H2CO3

Dette kan vises vha. af en pH-indikator som fx bromthymolblåt, der vil skifte farve fra blå til gul, når væsken bliver sur.

Om der foregår respiration eller gæring kan undersøges, hvis man kender den tilsatte sukkermængde og omsætningen er løbet til ende, da der er forskel på det forholdsmæssige vægttab afhængig af om omsætningen af sukker er foregået ved hhv. gæring eller respiration. Dette ses af de to omsætningsligninger:

Gæring:

C6H12O6 => 2CH3CH2OH + 2CO2 + energi (2 ATP)

Respiration:

C6H12O6 + 6O2 => 6H2O + 6CO2 + energi (30 ATP)

Ud fra kendskab til atomvægten af de enkelte grundstoffer, der indgår i de omsatte stoffer, kan deres respektive molekylevægte findes. Atomvægten findes i det periodiske system og giver følgende værdier:

H = 1g/mol C = 12g/mol O = 16g/mol

herudfra kan molekylevægten for de enkelte stoffer findes:

vand (H2O) = 18g/mol kuldioxid (CO2) = 44g/mol ethanol (CH3CH2OH) = 46g/mol,

ilt (O2) = 32g/mol glukose (C6H12O6) = 180g/mol

**Materialer, metode og forsøgsopstilling:**

3 koniske kolber (250 ml)

3 propper med hul

3 gærrør

vægt

glasspatel

lille vejebakke eller petriskål

bromthymolblåt

4 g tørgær

75 g sukker

ca. 300 ml vand

1. De 3 koniske kolber tilsættes hver 25g sukker (vægten noteres med 2 decimaler) og ca. 100ml vand. Sukkeret udrøres med glasspatlen.
2. Kolberne benævnes hhv. 1, 2 og K.
3. I kolbe 1 og 2 tilsættes desuden 2g gær (vægten noteres med 2 decimaler). Gæren udrøres med glasspatlen.
4. Gærrørene tilsættes lidt vand og 1-2 dråber bromthymolblåt.
5. Alle kolber monteres med prop og gærrør, hvorefter de vejes (vægten noteres med 2 decimal).
6. Kolberne stilles ved stuetemperatur i 2-4 døgn til væsken er udgæret, hvorefter vægten igen noteres (med 2 decimal). I dette forsøg fik kolberne lov at stå i 4 døgn.

Her kan så evt. tilføjes et billede eller en skitse af forsøget.

**Resultater og databehandling:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kolbe  Vægt | 1 | 2 | K |
| Gær (g) | 2,10 | 2,06 | 0,00 |
| Sukker (g) | 25,31 | 24,92 | 25,31 |
| Kolbe i alt (g) | 281,13 | 278,27 | 278,64 |
| I alt efter 4 dage (g) | 268,99 | 267,33 | 278,46 |
| Ændring efter 4 dage (g) | -12,14 | -10,94 | -0,18 |
| Vægttab i % i forhold til tilsat sukkermængde | 12,14g/25,31g = 48,0% | 10,94g/24,92g = 43,9% | 0,18g/25,31g = 0,7% |

Vandet i gærrøret i kolbe 1 og 2 havde skiftet farve fra blå til gul, mens vandet i gærrøret i kolbe K stadig var blåt.

Vi går ud fra, at omsætningen stort set er løbet til ende efter 4 dage, og at den dannede CO2 er gasset af ud gennem gærrøret.

Resultaterne viser, at kolbe K stort set ikke har ændret vægt (kun 0,18g = 0,7%) og vandet i gærrøret er forblevet blåt, så der er ikke sket en forsuring af vandet. Derimod er der i kolbe 1 og 2 sket en forsuring af vandet i gærrøret og begge kolber har haft betydeligt vægttab.

Ud fra molekylevægtene ses det, at vægttabet pga. afgasset CO2 ved gæring maksimalt kan være: 44g/mol / (44g/mol + 46g/mol) = 48,9 %

mens vægttabet ved respiration maksimalt kan være:

44g/mol / (44g/mol + 18g/mol) = 71 %

**Diskussion:**

Der er et lille vægttab ved kontrolforsøget (Kolbe K), men dette kan skyldes apparatusikkerhed, fordampning eller forskel i atmosfæretryk i klasselokalet. I hvert fald indikerer den fortsatte blå farve i gærrøret, at der ikke er sket afgasning af CO2 fra denne kolbe og dermed har der heller ikke været nogen omsætning. Dette stemmer med teorien, idet der ikke bør kunne ske omsætning uden tilsætning af gær.

Kolbe 1 og 2 har tabt sig hhv. 48,0% og 43,9% og i begge kolber har væsken i gærrørene skiftet farve fra blå til gul, hvilket vil sige at væsken er blevet sur. Teorien viser, at CO2, der kommer i kontakt med vand, danner kulsyre og da både respiration og ethanolgæring dannes CO2 er farveskiftet sammen med det store vægttab gode indikatorer på, at der er sket en omsætning i kolberne. Da begge beholdere vurderes til at være stort set udgærede stemmer dataene bedst med at omsætningen er sket ved gæring og ikke ved respiration, da vi så ville have forventet et større vægttab.

**Konklusion:**

Forsøget viser, at der skal være gær – eller en anden organisme – til stede for, at der kan ske en omsætning af sukker i vandig opløsning. Desuden peger forsøget på, at omsætningen i de to kolber med tilsat gær er forløbet som en ethanolgæring, da vægttabet er under 48,9% af den tilsatte sukkermængde selvom kolberne vurderes til at være stort set udgærede.

**Perspektivering:**

Ved destillering af væsken i de to kolber ville man kunne undersøge om der faktisk er dannet alkohol (ethanol) og hvor meget, men det er en omstændelig proces.

**Fotosyntese og respiration**

**Hypotese:**

Lys er en forudsætning for at der kan foregå fotosyntese.

**Teori:**

Grønne planter og cyanobakterier kan opbygge organisk stof i form af glukose ud fra kuldioxid og vand. Principielt er det blot den modsatte reaktion i forhold til respiration, og da denne proces frigiver energi (i form af ATP), vil den modsatte reaktion – altså fotosyntese – være en energi­krævende proces. Energien til fotosyntesen kommer naturligt fra solen, men andre lyskilder kan også benyttes som energigiver til processen. Fotosyntese og respiration forløber efter følgende reaktioner:

Fotosyntese: lysenergi

6H2O + 6CO2 ==> C6H12O6 + 6O2

Respiration:

C6H12O6 + 6O2 => 6H2O + 6CO2 + energi (30 ATP)

Planter er levende organismer og derfor omsætter de også glukose vha. respiration for at få energi til deres livsprocesser. Denne omsætning foregår hele tiden, men når der er tilstrækkeligt med lys til stede overstiger fotosyntesen respirationen og der dannes dermed mere ilt end der forbruges.

**Materialer, metode og forsøgsopstilling:**

2 flaskehaver (miniakvarier m. låg)

12 metalklemmer

2 små gummipropper

2 CO2-sensor med gummiprop (Pasco)

2 O2-sensor med gummiprop (Pasco)

2 bakker karse

1 lyskilde på stativ minimum 60 W

1 computer med Capstone (Pasco-program)

1 lukket kasse/skab

1. Hver flaskehave forsynes med en bakke velvandet karse og lukkes med låg og metalklemmer
2. CO2-sensor og O2-sensor kalibreres ifølge anvisningen på udstyret
3. Der monteres en CO2-sensor og en O2-sensor i hvert af de store huller i låget. Det lille hul proppes til.
4. Der måles ilt- og CO2-niveau i begge flaskehaver vha. Capstone og værdierne noteres, når de er blevet stabile.
5. Den ene flaskehave sættes mørkt i et skab eller lukket kasse
6. Den anden flaskehave sættes under det kunstige lys.
7. Efter 2-4 døgn måles værdierne for hhv. ilt og CO2 igen. I dette forsøg blev værdierne målt igen efter 4 døgn

Her kan så passende indsættes et billede eller en skitse af forsøgsopstillingen.

**Resultater og databehandling:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Forhold | Lys | | Mørke | |
| Tid Gasart | O2 | CO2 | O2 | CO2 |
| Forsøgsstart | 19,37% | 387 ppm | 22,10% | 400 ppm |
| Efter 4 døgn | 20,90% | 3.500 ppm | 17,50% | 10.000 ppm |

Mht. iltniveau er der i lys sket en stigning på 1,53%, mens der i mørke er sket et fald i iltniveauet på 4,6%. I begge flaskehaver er der sket en markant stigning i CO2-niveau, dog ca. 3 x højere i flaskehaven, der stod i mørke.

**Diskussion:**

Det er forventeligt, at CO2-niveauet stiger voldsomt i mørke, så i den del af forsøget stemmer resultaterne godt overens med forventningerne, da iltniveauet falder samtidig med at CO2-niveauet stiger. Dette indikerer, at karsen respirerer i mørke.

I flaskehaven, der har stået i lys, er det et paradoks, at iltniveau og CO2-niveauet begger er gået op. Da det forventes, at CO2-niveauet falder, når iltniveauet stiger, fordi det stigende iltniveau forklares ved at karsen i lys har lavet fotosyntese, hvorved der dannes ilt og glukose under forbrug af vand og kuldioxid.

At der samtidig sker en øgning i CO2-niveauet kan skyldes, at der i det vandmættede vækstmedium er foregået gæring i en eller anden form, da der sandsynligvis har været jordbakterier og -svampe omkring rødderne. Da gæring er en anaerob proces, kan det forklare, hvorfor der er kommet mere CO2, mens der samtidig har været en stigning i iltindholdet. Med andre ord er der efter alt at dømme både foregået gæring og fotosyntese i flaskehaven, der har stået i lys – og der er også foregået respiration. Dette kan bare ikke ses af dataene, da fotosynteseraten har været højere end respirationsraten.

De forskellige startværdier for gaskoncentrationerne skyldes højst sandsynligt, at det var forskellige typer af pasco-udstyr, der blev brugt til de to flaskehaver: digitale sensorer i lys og analoge sensorer i mørke.

Det er naturligvis en fejlkilde, at der formentligt har været andre organismer end karse i de to flaskehaver, men det er til gengæld uundgåeligt, når der ikke arbejdes med sterile emner.

Det ville i øvrigt have været rimeligt at supplere dette forsøg med kontrolforsøg, hvor flaskehaver uden karse var stillet hhv. lyst og mørkt for at se, om der sker ændringer i ilt- og CO2-niveauerne, uden der er karse til stede.

**Konklusion:**

I mørke falder iltniveauet med 4,6% og CO2-niveauet stiger fra 400 til 10.000 ppm. Dette indikerer, at karse respirere i mørke.

Under lysforhold stiger iltniveauet med 1,5%, hvilket viser, at der er foregået en iltproducerende proces. Da der er karse til stede, er det rimeligt at antage, at der er foregået fotosyntese. Der er imidlertid også sket en stigning i CO2-niveauet på ca. 3100 ppm. Dette indikerer, at der er foregået en nedbrydning uden forbrug af ilt (da iltniveauet er steget). Det er derfor rimeligt at antage, at der i det vandmættede vækstmedium er foregået en eller anden form for gæring, som har kunnet øge CO2-niveauet uden at forbruge ilt.